

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K03615

研究課題名（和文）拡張重力理論の検証

研究課題名（英文）Verification of Extended Gravity

研究代表者

野尻 伸一 (Nojiri, Shin'ichi)

名古屋大学・理学研究科・教授

研究者番号：00432229

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：アインシュタイン重力を拡張した様々なモデルについて、その検証の可能性について調べるとともに、理論的及び観測等から来る様々な制限を解決するモデルの構築を行った。特に現在の加速膨張や宇宙初期のインフレーション等からの検証や拡張した重力理論の証拠が得られる可能性を調べた。また、近年の重力波物理学の進展を踏まえ、拡張重力理論における重力波の伝搬に対する影響やその特徴を明らかにした。さらにこれらの重力理論に特有なブラックホール等の古典解の性質、特に熱力学的振舞の検証を行うとともに、近年注目を集めている Hubble tension の問題の解決をするモデルの提案、中性子星への影響とその観測的可能性等を調べた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

暗黒エネルギーの問題の解決は物理学における今世紀最大の課題の一つと言われており、アインシュタイン重力の拡張がそのための有力な候補である。また、近年、重力波干渉計を用いた重力波観測が始まり、日本でも2020年からKAGRAが始動している。更に日本の将来計画である宇宙重力波望遠鏡DECIGOでは宇宙誕生直後に生じた重力波の直接観測が期待されている。また、宇宙背景輻射偏光観測小型科学衛星 LiteBIRDの打ち上げにより、原始重力波が引き起こしたBモードが観測されることが期待されている。これらの重力波観測により拡張重力理論についての検証が行われるはずであり、本研究はそのための礎となった。

研究成果の概要（英文）：I have studied several extended gravity models and investigated if these models can be realistic. In parallel, I constructed models satisfying several constraints obtained from observations and theoretical consistencies, especially from the dark energy problem and the inflation in the early universe. I have also investigated the propagation of the gravitational waves in several models. In other works, I have investigated what kind of black hole solutions can be possible in the framework of extended gravities and I have found new and exotic solutions. I also proposed models for solving the Hubble tension problem and investigated neutron stars' effect and tried to clarify how the effect can be approved.

研究分野：素粒子的宇宙論

キーワード：拡張重力理論 暗黒エネルギー 宇宙の加速膨張 インフレーション

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

前世紀末に発見された現在の宇宙の加速膨張がなぜ引き起こされるのかはいまだに解かれていない謎であり、その解明は物理学における今世紀最大の課題と考えられている。この加速膨張を引き起こす仮想的なものは暗黒エネルギーと呼ばれているが、そのもっとも単純なモデルはアインシュタインが考えた宇宙項である。ところが暗黒エネルギーの正体が宇宙項だとすると、不自然なことが数多くあり、そのため、F(R) 重力やスカラー=テンソルモデル等のアインシュタインの重力理論を拡張した理論によって加速膨張を説明しようとする提案が数多くされてきた。これらの拡張重力のモデルのほとんどが、観測と矛盾しない宇宙膨張の歴史を再現することが知られており、どれが現実の宇宙を記述しているモデルかの検証のためには観測とのより細かな比較が必要となる。

本研究の開始より少し前の2016年2月に重力波の発見が発表され、日本でも本研究開始直後に重力波望遠鏡 KAGRA が完成し始動する予定であった。このため、重力波の観測から、様々な拡張重力モデルの検証が可能になることが予測された。

### 2. 研究の目的

本研究の最終的な目的は現在の宇宙の加速膨張を説明することである。そのため、特に F(R) 重力理論を中心とした拡張された重力理論の検証の可能性について調べるとともに、理論及び観測から来る様々な制限を解決するモデルの構築を目指した。

### 3. 研究の方法

拡張された重力理論の検証のため、暗黒エネルギーばかりではなく暗黒物質のモデルとしての制限との整合性、重力波の伝搬の修正がどのように観測されるか、非線形性を取り入れた宇宙の大規模構造などの揺らぎ、の三つの点に着目し研究を始めた。その他、拡張された重力理論に特有のブラックホールの構造、宇宙初期にもあったとされるインフレーションと呼ばれる加速膨張や、本研究開始後多くの研究者の注目を集めている Hubble tension の問題との整合性など様々な観点から、様々な拡張重力理論の中でどのモデルが、現実の宇宙を記述するモデルになっているかを明らかにする。

### 4. 研究成果

実際にアインシュタイン重力を拡張した様々なモデルについて、その検証の可能性について調べるとともに、理論的及び観測等から来る様々な制限を解決するモデルの構築を行った。特に現在の加速膨張や宇宙初期のインフレーション等からの検証や拡張した重力理論の証拠が得られる可能性を調べた。また、近年の重力波物理学の進展から拡張重力理論の手掛かりを見つけるため、これらの理論における重力波の伝搬に対する影響やその特徴を明らかにした。さらにこれらの重力理論に特有なブラックホール等の古典解の性質、特に熱力学的振舞の検証を行うとともに、近年多くの研究者の注目を集めている Hubble tension の問題の解決をするモデルを提案した。その他、拡張重力理論による中性子星への影響とその観測的可能性等を行った。以上の成果は 42 編の論文として学術雑誌に出版され、2022 年 5 月 1 日時点で合計 600 回以上引用されており、まあまあの成果を上げている。また、論文

S. Nojiri, S. D. Odintsov and T. Paul, "Different Faces of Generalized Holographic Dark Energy", *Symmetry* 13 (2021) no.6, 928, doi:10.3390/sym13060928

は *Symmetry* という雑誌の Editor's choice に選ばれた。

<https://www.mdpi.com/journal/symmetry/editors-choice>

更にエルゼビア社の

"August 2021 data-update for "Updated science-wide author databases of standardized citation indicators"

<https://elsevier.digitalcommonsdata.com/datasets/btchxktzyw/3>

では、「Nuclear & Particle Physics」の部門で日本における全研究者の中で歴代 1 位にランクされた。二次データではあるが、

[http://stat.sys.i.kyoto-u.ac.jp/wp-content/uploads/2022/05/202108\\_topresearcher\\_japan100.pdf](http://stat.sys.i.kyoto-u.ac.jp/wp-content/uploads/2022/05/202108_topresearcher_japan100.pdf)

等参照。

各研究手法毎の論文(すべて査読有)は次のようになる:

拡張重力による重力波の伝搬に関する研究

[1] K. Bamba, S. Nojiri and S. D. Odintsov, "Propagation of gravitational waves in strong magnetic fields," *Phys. Rev. D* 98

(2018) no.2, 024002 doi:10.1103/PhysRevD.98.024002 [arXiv:1804.02275 [gr-qc]].

[2] I. Brevik and S. Nojiri, "Gravitational Waves in the Presence of Viscosity," *Int.*

J. Mod. Phys. D 28 (2019) no.10, 1950133 doi:10.1142/S0218271819501335 [arXiv:1901.00767 [gr-qc]].

[3] S. Nojiri, S. D. Odintsov and V. K. Oikonomou, “F(R) Gravity with an Axion-like Particle: Dynamics, Gravity Waves, Late and Early-time Phenomenology,” *Annals Phys.* 418 (2020), 168186 doi:10.1016/j.aop.2020.168186 [arXiv:1907.01625 [gr-qc]].

[4] S. Nojiri, S. D. Odintsov, V. K. Oikonomou and A. A. Popov, “Propagation of Gravitational Waves in Chern-Simons Axion Einstein Gravity,” *Phys. Rev. D* 100 (2019) no.8, 084009 doi:10.1103/PhysRevD.100.084009 [arXiv:1909.01324 [gr-qc]].

[5] S. Nojiri, S. D. Odintsov, V. K. Oikonomou and A. A. Popov, “Propagation of gravitational waves in Chern-Simons axion F(R) gravity,” *Phys. Dark Univ.* 28 (2020), 100514 doi:10.1016/j.dark.2020.100514 [arXiv:2002.10402 [gr-qc]].

[6] S. Capozziello, M. Capriolo and S. Nojiri, “Considerations on gravitational waves in higher-order local and non-local gravity,” *Phys. Lett. B* 810 (2020), 135821 doi:10.1016/j.physletb.2020.135821 [arXiv:2009.12777 [gr-qc]].

[7] S. Capozziello, S. Nojiri and S. D. Odintsov, “Thermal effects and scalar modes in the cosmological propagation of gravitational waves,” *Phys. Dark Univ.* 33 (2021), 100867 doi:10.1016/j.dark.2021.100867 [arXiv:2104.10936 [gr-qc]].

#### 拡張重力や暗黒エネルギーのモデルの提案

[8] T. Mori and S. Nojiri, “Topological Gravity motivated by Renormalization Group,” *Symmetry* 10 (2018) no.9, 396 doi:10.3390/sym10090396 [arXiv:1809.02344 [hep-th]].

[9] S. Nojiri, S. D. Odintsov and V. K. Oikonomou, “Ghost-free Gauss-Bonnet Theories of Gravity,” *Phys. Rev. D* 99 (2019) no.4, 044050 doi:10.1103/PhysRevD.99.044050 [arXiv:1811.07790 [gr-qc]].

[10] S. Nojiri, S. D. Odintsov and E. N. Saridakis, “Modified cosmology from extended entropy with varying exponent,” *Eur. Phys. J. C* 79 (2019) no.3, 242 doi:10.1140/epjc/s10052-019-6740-5 [arXiv:1903.03098 [gr-qc]].

[11] S. Nojiri, S. D. Odintsov and E. N. Saridakis, “Holographic inflation,” *Phys. Lett. B* 797 (2019), 134829 doi:10.1016/j.physletb.2019.134829 [arXiv:1904.01345 [gr-qc]].

[12] S. Nojiri, S. D. Odintsov, E. N. Saridakis and R. Myrzakulov, “Correspondence of cosmology from non-extensive thermodynamics with fluids of generalized equation of state,” *Nucl. Phys. B* 950 (2020), 114850 doi:10.1016/j.nuclphysb.2019.114850 [arXiv:1911.03606 [gr-qc]].

[13] S. Nojiri, S. D. Odintsov and V. K. Oikonomou, “Ghost-free non-local F(R) Gravity Cosmology,” *Phys. Dark Univ.* 28 (2020), 100541 doi:10.1016/j.dark.2020.100541 [arXiv:1911.07329 [gr-qc]].

[14] S. Nojiri, S. D. Odintsov, V. K. Oikonomou and T. Paul, “Unifying Holographic Inflation with Holographic Dark Energy: a Covariant Approach,” *Phys. Rev. D* 102 (2020) no.2, 023540 doi:10.1103/PhysRevD.102.023540 [arXiv:2007.06829 [gr-qc]].

[15] S. Nojiri, S. D. Odintsov, V. K. Oikonomou and A. A. Popov, “Ghost-free F(R, G) gravity,” *Nucl. Phys. B* 973 (2021), 115617 doi:10.1016/j.nuclphysb.2021.115617 [arXiv:2111.09457 [gr-qc]].

[16] S. Nojiri, S. D. Odintsov and T. Paul, “Barrow entropic dark energy: A member of generalized holographic dark energy family,” *Phys. Lett. B* 825 (2022), 136844 doi:10.1016/j.physletb.2021.136844 [arXiv:2112.10159 [gr-qc]].

#### 中性子星を使った重力理論の検証についての研究

[17] M. Yamazaki, T. Katuragawa, S. D. Odintsov and S. Nojiri, “Screened and unscreened solutions for relativistic star in de Rham-Gabadadze-Tolley massive gravity,” *Phys. Rev. D* 100 (2019) no.8, 084060 doi:10.1103/PhysRevD.100.084060 [arXiv:1812.10239 [gr-qc]].

[18] K. Numajiri, T. Katuragawa and S. Nojiri, “Compact star in general F(R) gravity: Inevitable degeneracy problem and non-integer power correction,” *Phys. Lett. B* 826 (2022), 136929 doi:10.1016/j.physletb.2022.136929 [arXiv:2111.02660 [gr-qc]].

#### Hubble tension の問題についての研究

[19] S. Nojiri, S. D. Odintsov and V. K. Oikonomou, “Unifying Inflation with Early and Late-time Dark Energy in F(R) Gravity,” *Phys. Dark Univ.* 29 (2020), 100602 doi:10.1016/j.dark.2020.100602 [arXiv:1912.13128 [gr-qc]].

#### 拡張重力に特有のブラックホールの研究

[20] E. Elizalde, G. G. L. Nashed, S. Nojiri and S. D. Odintsov, “Spherically symmetric

black holes with electric and magnetic charge in extended gravity: physical properties, causal structure, and stability analysis in Einstein's and Jordan's frames," *Eur. Phys. J. C* 80 (2020) no.2, 109 doi:10.1140/epjc/s10052-020-7686-3 [arXiv:2001.11357 [gr-qc]].

[21] S. Nojiri and S. D. Odintsov, "Novel cosmological and black hole solutions in Einstein and higher-derivative gravity in two dimensions," *EPL* 130 (2020) no.1, 10004 doi:10.1209/0295-5075/130/10004 [arXiv:2004.01404 [hep-th]].

[22] G. G. L. Nashed and S. Nojiri, "Analytic charged BHs in  $f(R)$  gravity," *Phys. Lett. B* 820 (2021), 136475 doi:10.1016/j.physletb.2021.136475 [arXiv:2010.04701 [hep-th]].

[23] S. Nojiri, S. D. Odintsov and V. Faraoni, "Searching for dynamical black holes in various theories of gravity," *Phys. Rev. D* 103 (2021) no.4, 044055 doi:10.1103/PhysRevD.103.044055 [arXiv:2010.11790 [gr-qc]].

[24] G. G. L. Nashed and S. Nojiri, "Non-trivial black hole solutions in  $f(R)$  gravitational theory," *Phys. Rev. D* 102 (2020), 124022 doi:10.1103/PhysRevD.102.124022 [arXiv:2012.05711 [gr-qc]].

[25] G. G. L. Nashed and S. Nojiri, "Specific neutral and charged black holes in  $f(R)$  gravitational theory," *Phys. Rev. D* 104 (2021) no.12, 124054 doi:10.1103/PhysRevD.104.124054 [arXiv:2103.02382 [gr-qc]].

[26] G. G. L. Nashed and S. Nojiri, "Mimetic Euler-Heisenberg theory, charged solutions, and multihorizon black holes," *Phys. Rev. D* 104 (2021) no.4, 044043 doi:10.1103/PhysRevD.104.044043 [arXiv:2107.13550 [gr-qc]].

[27] G. G. L. Nashed and S. Nojiri, "Rotating black hole in  $f(R)$  theory," *JCAP* 11 (2021) no.11, 007 doi:10.1088/1475-7516/2021/11/007 [arXiv:2109.02638 [gr-qc]].

[28] S. Nojiri, S. D. Odintsov and V. Faraoni, "Area-law versus Renyi and Tsallis black hole entropies," *Phys. Rev. D* 104 (2021) no.8, 084030 doi:10.1103/PhysRevD.104.084030 [arXiv:2109.05315 [gr-qc]].

[29] S. Nojiri, S. D. Odintsov and V. Faraoni, "From nonextensive statistics and black hole entropy to the holographic dark universe," *Phys. Rev. D* 105 (2022) no.4, 044042 doi:10.1103/PhysRevD.105.044042 [arXiv:2201.02424 [gr-qc]].

#### その他の拡張重力理論の検証の可能性についての研究

[30] S. Nojiri, S. D. Odintsov and V. Faraoni, "Effects of modified gravity on the turnaround radius in cosmology," *Phys. Rev. D* 98 (2018) no.2, 024005 doi:10.1103/PhysRevD.98.024005 [arXiv:1806.01966 [gr-qc]].

[31] E. Elizalde, M. Khurshudyan and S. Nojiri, "Cosmological singularities in interacting dark energy models with an  $(q)$  parametrization," *Int. J. Mod. Phys. D* 28 (2018) no.01, 1950019 doi:10.1142/S0218271819500196 [arXiv:1809.01961 [gr-qc]].

[32] S. Nojiri, S. D. Odintsov and V. K. Oikonomou, "k-essence  $f(R)$  gravity inflation," *Nucl. Phys. B* 941 (2019), 11-27 doi:10.1016/j.nuclphysb.2019.02.008 [arXiv:1902.03669 [gr-qc]].

[33] S. Nojiri, S. D. Odintsov, V. K. Oikonomou, N. Chatzarakis and T. Paul, "Viable inflationary models in a ghostfree Gauss-Bonnet theory of gravity," *Eur. Phys. J. C* 79 (2019) no.7, 565 doi:10.1140/epjc/s10052-019-7080-1 [arXiv:1907.00403 [gr-qc]].

[34] S. Nojiri, S. D. Odintsov and E. N. Saridakis, "Holographic bounce," *Nucl. Phys. B* 949 (2019), 114790 doi:10.1016/j.nuclphysb.2019.114790 [arXiv:1908.00389 [gr-qc]].

[35] S. Nojiri, S. D. Odintsov, V. K. Oikonomou and T. Paul, "Nonsingular bounce cosmology from Lagrange multiplier  $F(R)$  gravity," *Phys. Rev. D* 100 (2019) no.8, 084056 doi:10.1103/PhysRevD.100.084056 [arXiv:1910.03546 [gr-qc]].

[36] V. H. Cardenas, M. Cruz, S. Lepe, S. Nojiri and S. D. Odintsov, "Challenging matter creation models in the phantom divide," *Phys. Rev. D* 101 (2020) no.8, 083530 doi:10.1103/PhysRevD.101.083530 [arXiv:2004.02337 [gr-qc]].

[37] S. Nojiri and S. D. Odintsov, "The dark universe future and singularities: the account of thermal and quantum effects," *Phys. Dark Univ.* 30 (2020), 100695 doi:10.1016/j.dark.2020.100695 [arXiv:2006.03946 [gr-qc]].

[38] H. Furugori and S. Nojiri, "Dressed asymptotic states and QED infrared physics," *Phys. Rev. D* 104 (2021) no.12, 125004 doi:10.1103/PhysRevD.104.125004 [arXiv:2007.02518 [hep-th]].

[39] S. Nojiri, S. D. Odintsov, D. Saez-Chillon Gomez and G. S. Sharov, "Modeling and testing the equation of state for (Early) dark energy," *Phys. Dark Univ.* 32 (2021), 100837 doi:10.1016/j.dark.2021.100837 [arXiv:2103.05304 [gr-qc]].

[40] M. Terasawa and S. Nojiri, "Statistical system based on p-adic numbers," *Phys. Lett. B* 819 (2021), 136410 doi:10.1016/j.physletb.2021.136410 [arXiv:2105.02691 [cond-]]

mat.stat-mech]].

[41] S. Nojiri, S. D. Odintsov and T. Paul, “Different Faces of Generalized Holographic Dark Energy,” *Symmetry* 13 (2021) no.6, 928 doi:10.3390/sym13060928 [arXiv:2105.08438 [gr-qc]].

[42] S. Nojiri, S. D. Odintsov and T. Paul, “Towards a smooth unification from an ekpyrotic bounce to the dark energy era,” *Phys. Dark Univ.* 35 (2022), 100984 doi:10.1016/j.dark.2022.100984 [arXiv:2202.02695 [gr-qc]]

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計33件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 23件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Cardenas Victor H., Cruz Miguel, Lepe Samuel, Nojiri Shin'ichi, Odintsov Sergei D.	4. 巻 101
2. 論文標題 Challenging matter creation models in the phantom divide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	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) 10.1103/PhysRevD.101.083530	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 Capozziello S., Capriolo M., Nojiri S.	4. 巻 810
2. 論文標題 Considerations on gravitational waves in higher-order local and non-local gravity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 135821 ~ 135821
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2020.135821	査読の有無 無
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 Nojiri Shin'ichi, Odintsov S.D., Oikonomou V.K.	4. 巻 418
2. 論文標題 F(R) gravity with an axion-like particle: Dynamics, gravity waves, late and early-time phenomenology	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Annals of Physics	6. 最初と最後の頁 168186 ~ 168186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aop.2020.168186	査読の有無 無
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 Nojiri Shin'ichi, Odintsov S.D., Oikonomou V.K.	4. 巻 28
2. 論文標題 Ghost-free non-local F(R) gravity cosmology	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics of the Dark Universe	6. 最初と最後の頁 100541 ~ 100541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dark.2020.100541	査読の有無 無
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 Nashed G. G. L., Nojiri S.	4. 巻 102
2. 論文標題 Nontrivial black hole solutions in $f(R)$ gravitational theory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	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) 10.1103/PhysRevD.102.124022	査読の有無 無
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 Nojiri Shin'ichi, Odintsov Sergei D.	4. 巻 130
2. 論文標題 Novel cosmological and black hole solutions in Einstein and higher-derivative gravity in two dimensions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 EPL (Europhysics Letters)	6. 最初と最後の頁 10004 ~ 10004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1209/0295-5075/130/10004	査読の有無 無
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 Nojiri Shin'ichi, Odintsov S.D., Oikonomou V.K., Popov Arkady A.	4. 巻 28
2. 論文標題 Propagation of gravitational waves in Chern-Simons axion $F(R)$ gravity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics of the Dark Universe	6. 最初と最後の頁 100514 ~ 100514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dark.2020.100514	査読の有無 無
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 Nojiri Shin'ichi, Odintsov Sergei D.	4. 巻 30
2. 論文標題 The dark universe future and singularities: The account of thermal and quantum effects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics of the Dark Universe	6. 最初と最後の頁 100695 ~ 100695
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dark.2020.100695	査読の有無 無
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 Nojiri Shin'ichi, Odintsov S. D., Oikonomou V. K., Paul Tanmoy	4. 巻 102
2. 論文標題 Unifying holographic inflation with holographic dark energy: A covariant approach	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	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) 10.1103/PhysRevD.102.023540	査読の有無 無
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 Nojiri Shin'ichi, Odintsov Sergei D., Oikonomou V.K.	4. 巻 29
2. 論文標題 Unifying inflation with early and late-time dark energy in F(R) gravity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics of the Dark Universe	6. 最初と最後の頁 100602 ~ 100602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dark.2020.100602	査読の有無 無
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 Nojiri Shin'ichi, Odintsov Sergei D., Faraoni Valerio	4. 巻 103
2. 論文標題 Searching for dynamical black holes in various theories of gravity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review D	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) 10.1103/PhysRevD.103.044055	査読の有無 無
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 S. Nojiri and S. D. Odintsov	4. 巻 130
2. 論文標題 Novel cosmological and black hole solutions in Einstein and higher-derivative gravity in two dimensions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 EPL	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) 10.1209/0295-5075/130/10004	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 V. H. Cárdenas, M. Cruz, S. Lepe, S. Nojiri and S. D. Odintsov	4. 巻 101
2. 論文標題 Challenging matter creation models in the phantom divide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	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) 10.1103/PhysRevD.101.083530	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 S. Nojiri, S. Odintsov, V. Oikonomou and A. A. Popov	4. 巻 28
2. 論文標題 Propagation of gravitational waves in Chern-Simons axion F(R) gravity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Dark Univ.	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) 10.1016/j.dark.2020.100514	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 E. Elizalde, G. Nashed, S. Nojiri and S. Odintsov	4. 巻 80
2. 論文標題 Spherically symmetric black holes with electric and magnetic charge in extended gravity: physical properties, causal structure, and stability analysis in Einstein's and Jordan's frames	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Eur. Phys. J. C	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) 10.1140/epjc/s10052-020-7686-3	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 該当する

1. 著者名 S. Nojiri, S. D. Odintsov and V. Oikonomou	4. 巻 29
2. 論文標題 Unifying Inflation with Early and Late-time Dark Energy in F(R) Gravity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Dark Univ.	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) 10.1016/j.dark.2020.100602	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 S. Nojiri, S. Odintsov and V. Oikonomou	4. 巻 28
2. 論文標題 Ghost-free non-local F(R) Gravity Cosmology	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Dark Univ.	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) 10.1016/j.dark.2020.100541	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 S. Nojiri, S. D. Odintsov, E. N. Saridakis and R. Myrzakulov	4. 巻 950
2. 論文標題 Correspondence of cosmology from non-extensive thermodynamics with fluids of generalized equation of state	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nucl. Phys. B	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) 10.1016/j.nuclphysb.2019.114850	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 S. Nojiri, S. Odintsov, V. Oikonomou and T. Paul	4. 巻 100
2. 論文標題 Nonsingular bounce cosmology from Lagrange multiplier F(R) gravity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	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) 10.1103/PhysRevD.100.084056	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 S. Nojiri, S. Odintsov, V. Oikonomou and A. A. Popov	4. 巻 100
2. 論文標題 Propagation of Gravitational Waves in Chern-Simons Axion Einstein Gravity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	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) 10.1103/PhysRevD.100.084009	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 S. Nojiri, S. D. Odintsov and E. N. Saridakis	4. 巻 949
2. 論文標題 Holographic bounce	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nucl. Phys. B	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) 10.1016/j.nuclphysb.2019.114790	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 S. Nojiri, S. Odintsov and V. Oikonomou	4. 巻 418
2. 論文標題 F(R) Gravity with an Axion-like Particle: Dynamics, Gravity Waves, Late and Early-time Phenomenology	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Annals Phys.	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) 10.1016/j.aop.2020.168186	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 S. Nojiri, S. Odintsov, V. Oikonomou, N. Chatzarakis and T. Paul	4. 巻 79
2. 論文標題 Viable inflationary models in a ghost-free Gauss-Bonnet theory of gravity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Eur. Phys. J. C	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) 10.1140/epjc/s10052-019-7080-1	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 Holographic inflation	4. 巻 797
2. 論文標題 S. Nojiri, S. D. Odintsov and E. N. Saridakis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Lett. B	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) 10.1016/j.physletb.2019.134829	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 S. Nojiri, S. D. Odintsov and E. N. Saridakis	4. 巻 79
2. 論文標題 Modified cosmology from extended entropy with varying exponent	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Eur. Phys. J. C	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) 10.1140/epjc/s10052-019-6740-5	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 S. Nojiri, S. Odintsov and V. Oikonomou	4. 巻 941
2. 論文標題 k-essence f(R) gravity inflation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nucl. Phys. B	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) 10.1016/j.nuclphysb.2019.02.008	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 I. Brevik and S. Nojiri	4. 巻 28
2. 論文標題 Gravitational Waves in the Presence of Viscosity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Int. J. Mod. Phys. D	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) 10.1142/S0218271819501335	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 M. Yamazaki, T. Katsuragawa, S. D. Odintsov and S. Nojiri	4. 巻 100
2. 論文標題 Screened and unscreened solutions for relativistic star in de Rham-Gabadadze-Tolley massive gravity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	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) 10.1103/PhysRevD.100.084060	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 Nojiri Shin'ichi, Odintsov Sergei D., Saridakis Emmanuel N.	4. 巻 79
2. 論文標題 Modified cosmology from extended entropy with varying exponent	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 242-251
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-019-6740-5	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 該当する

1. 著者名 Nojiri S., Odintsov S.D., Oikonomou V.K.	4. 巻 941
2. 論文標題 k-essence f(R) gravity inflation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Physics B	6. 最初と最後の頁 11 ~ 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nuclphysb.2019.02.008	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 該当する

1. 著者名 Nojiri S., Odintsov S.D., Oikonomou V.K.	4. 巻 99
2. 論文標題 Ghost-free Gauss-Bonnet theories of gravity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 044050-044064
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.044050	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 Mori Taisaku, Nojiri Shin'ichi	4. 巻 10
2. 論文標題 Topological Gravity Motivated by Renormalization Group	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Symmetry	6. 最初と最後の頁 396 ~ 396
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/sym10090396	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 該当する

1. 著者名 Nojiri Shin'ichi, Odintsov Sergei D., Faraoni Valerio	4. 巻 98
2. 論文標題 Effects of modified gravity on the turnaround radius in cosmology	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 044050-044059
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.024005	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

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 S. Nojiri
2. 発表標題 BRS Symmetry and Cosmological Constant Problem
3. 学会等名 The 2nd International Conference on Symmetry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Nojiri
2. 発表標題 Gravitational Waves in Viscous Fluid
3. 学会等名 Modified Gravity and Cosmology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Nojiri
2. 発表標題 Gravitational Wave in Media
3. 学会等名 2019 CCNU-USTC Junior Cosmology Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Nojiri
2. 発表標題 Gravitational Wave in Modified Gravity Theories
3. 学会等名 V Workshop on COSMOLOGY AND THE QUANTUM VACUUM (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Nojiri
2. 発表標題 Gravitational wave in media
3. 学会等名 5th International Workshop on Dark Matter, Dark Energy and Matter-antimatter Asymmetry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Nojiri
2. 発表標題 My works with Sergei
3. 学会等名 Siberian Spring Cosmology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

エルゼビア社の「August 2021 data-update for "Updated science-wide author databases of standardized citation indicators"」  
<https://elsevier.digitalcommonsdata.com/datasets/btchxktzyw/3>  
 では、「Nuclear & Particle Physics」の部門で日本における全研究者の中で1位にランクされた。  
 二次データではあるが、  
[http://stat.sys.i.kyoto-u.ac.jp/wp-content/uploads/2022/05/202108\\_topresearcher\\_japan100.pdf](http://stat.sys.i.kyoto-u.ac.jp/wp-content/uploads/2022/05/202108_topresearcher_japan100.pdf)  
 等参照。

## 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1件

国際研究集会 International Conference on Modified Gravity 2018 (MOGRA 2018)	開催年 2018年～2018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
---------	---------