#### 研究成果報告書 科学研究費助成事業



今和 6 年 6 月 1 2 日現在

機関番号: 82118

研究種目: 基盤研究(C)(一般)

研究期間: 2019~2023

課題番号: 19K03835

研究課題名(和文)宇宙の大規模構造の力学的統計解析を用いた初期宇宙物理学の探求

研究課題名(英文)Exploring early universe using dynamical statistical analysis of the large-scale structure of the universe

#### 研究代表者

松原 隆彦(Matsubara, Takahiko)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授

研究者番号:00282715

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3.300.000円

研究成果の概要(和文):宇宙の大規模構造における力学的統計解析に関するさまざまな手法を考察して新たな理論的知見を多数得ることができた。宇宙の大規模構造の幾何学的構造を数量化するミンコフスキー汎函数という統計量について、数学の統計・確率論分野における知見を取り入れることにより、非ガウス性を持つスカラー場に対する摂動的な予言を一般的に求める公式を導くことに成功し、それを宇宙の大規模構造のシミュレーションと比較して実地の応用への道を切り拓いた。また、宇宙の密度場に関するピーク統計に対する非ガウス性の影響を摂動的に評価する解析的手法を開発、また、テンソル場の力学的摂動進化を扱う手法を新たに開発するなど の成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義 宇宙の大規模構造の解析において必須となる統計解析手法において、宇宙の力学進化による非線形成長や天体バイアスの非線形関係を包括的に取り入れた理論手法を多面的に開発することができたため、これを実際の宇宙構造解析に応用することで当該分野の研究における将来的な可能性を大きく広げることができた。宇宙の全体構造は社会・国民の興味を広くひいており、私たちの起源や将来を考える上でもその知見は重要なピースである。

研究成果の概要(英文): We have obtained many new theoretical insights by considering various methods of dynamical statistical analysis in the large-scale structure of the universe. By incorporating knowledge in the field of statistics and probability theory of mathematics, we succeeded in deriving a general formula for perturbative prediction for non-Gaussian scalar fields, and compared it with simulations of the large-scale structure of the universe, paving the way for practical applications. By comparing it with simulations of the large-scale structure of the universe, he paved the way for real-world applications. He also developed an analytical method for perturbative evaluation of the effect of non-Gaussianity on the peak statistics for density fields in the universe, and a new method for treating dynamical perturbative evolution of tensor fields.

研究分野: 宇宙論、宇宙物理学

キーワード: 宇宙の大規模構造アス ピーク統計 統計解析理論 初期非ガウス性 ミンコフスキー汎函数 非線形摂動論 銀河バイ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等に ついては、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

#### 1.研究開始当初の背景

近年の宇宙観測技術の進歩により、これまでは想像もできなかったような宇宙の 姿が次々と明らかになっている。中でも、宇宙全体の姿を明らかにしようとする宇宙論の研究は、観測的な進展の著しさにおいて歴史上類を見ないほどに進んでいる。 最近では宇宙マイクロ波背景放射の精密観測によって、宇宙論パラメータがかつてない精度で決まるなど驚くべき進展があった。今後は、まだ未観測の領域が広大に 広がっている宇宙の大規模構造の精密観測に期待が寄せられていて、世界中で複数 の大型観測計画が進められている。

宇宙の精密観測により明らかにされる宇宙の姿は、これまでにわかってきたことの精度が上がるだけのことでは決してない。これまでの歴史を振り返って見ても、 精密観測の進展は学術的研究の質的変化をもたらしてきた。宇宙論的観測によって 発見されたダークマターやダークエネルギーという宇宙の未知成分は、もはや宇宙 物理学の範囲を超えた研究対象となり、物理学全体の問題としてその解明に関する 研究が行われている。

宇宙の観測量の中でも、宇宙の広い範囲におけるゆらぎ成分の観測がとても有用なものである。宇宙マイクロ波背景放射もそのような観測のひとつであるし、宇宙の大規模構造もそうである。宇宙のゆらぎ成分には、初期宇宙の情報や宇宙の進化 に関する情報がふんだんに含まれている。その情報を最大限に引き出すには、統計的な解析が本質的な役割を果たす。

本研究は、宇宙の大規模構造の力学的統計解析によって、特に初期宇宙における新しい物理を探索しようとするものである。宇宙はビッグバンとともに始まったが、何がビッグバンを始めたのかは明らかではない。その原因としてインフレーション理論が有力だが、いまだその詳細は不明のままである。また、宇宙のダークマター やダークエネルギーの正体はいまだ不明である。近い将来に行われる宇宙の大規模 構造の観測データは、こうした宇宙論の本質的な問題に光をあてることになる。

#### 2.研究の目的

本研究は、宇宙の大規模構造の力学的統計解析によって、宇宙論の基本的な物理的問題へ切り込むことを目的とする。特に初期宇宙のモデルを制限すること、また 宇宙の未知成分であるダークマターやダークエネルギーの性質を制限することは、大きな目的である。その具体的な手法としては、応募者がこの十年あまりを費やして開発してきた独自の解析手法である「統合摂動論」を応用する。この手法を用いることが本研究における一番の学術的独自性であり、他の追随を許さない研究成果 を見込む根拠である。

この独自手法の得意とする準非線形領域の大規模構造に含まれている情報を最大限に用いる。こうして、他の方法ではどうしてよいかわからないような問題についても、宇宙に関する物理的な解析を行うことができる。この手法の強力さはすでに他の研究者にも浸透しつつあり、応募者とは独立のグループによる応用研究もなされつつある。だが、現在のところこの手法に世界で最も通暁しているのは応募者であり、他の研究者よりも有利に研究を進めることができる。応募者の研究の創造性には定評があると自負しており、本研究においてもこれまでに開発した統合摂動論の手法を、さらに創造的に拡張することも視野に入れている。

#### 3.研究の方法

インフレーション中にある種の粒子が励起すると、初期ゆらぎに特徴的な非ガウス性をもたら すことが明らかにされた。これはエネルギーの高い初期宇宙を高エネルギー加速器と見なせる ことを意味していて、「宇宙論的加速器実験」の可能性が指摘されている。具体的には、質量を 持つ高スピンの場が初期宇宙 に励起すると、非ガウス性を特徴付ける初期バイスペクトルと呼 ばれる統計量に対するスケール依存性が振動するという特徴が現れる。統合摂動論を用いると、 初期バイスペクトルが宇宙の大規模構造における統計的観測量にどのような影響を及ぼすのか を、系統的に導くことができる。その具体的な関係を明らかにすることが本研究の課題である。 また、その結果をもとに、観測量に対してどのような解析をすれば初期宇宙に励起した場の検出 を効率よく行うことができるかについて研究した。この方向で研究を進めることにより、「宇宙 の大規模構造を基にした高エネルギー物理学の探求」という新しい研究分野の開拓につなげた。 また、ダークマターの正体は長年にわたる宇宙論の大きな謎のひとつである。未知の素粒子で あるという可能性もあるが、長年にわたる探索にも関わらずいまだその確実 な兆候は見つかっ ていない。一方、宇宙の初期密度ゆらぎの性質によっては、極めて初期の段階で原始ブラックホ ールが形成される可能性がある。このような原始ブ ラックホールは、素粒子ではないダークマ ターの有力候補となり得る。このため、初期に生成される原始ブラックホールの性質を詳しく調 べることが必要である。これまでのところ、原始ブラックホールの生成量については詳しく調べ られてきたが、それが引き起こすダークマターの空間的クラスタリングについてはまだよくわ かっていないことが多い。空間的クラスタリングは、その後の原始ブラックホールの進化に大きな影響を及ぼすため重要である。本研究では独自の統合摂動論の手法を応用することにより、宇宙初期に密度の高いピークにブラックホールが生成された場合、どのような空間的クラスタリングが期待できるのかを解析的に調べた。密度ピークがどのような空間的クラスタリングをするのかについては古くから近似的に調べられてきたが、あまり精度よい解析ができていなかった。応募者は最近、統合摂動論の手法を応用すると、これ までにない精度で系統的な摂動展開近似ができることを見出した。この手法により、原始ブラックホールの解析に新しい光を当てることが可能である。そのためには、解析的な手法を確立することが必要である。また、原始ブラックホールの初期クラスタリングから、その進化を追うことも統合摂動論の手法によって可能であり、最終的には宇宙の大規模構造の観測量と結びつけられる。このようにして、ユニークな観点から宇宙のダークマター問題にアプローチすることが可能になった。

#### 4.研究成果

宇宙の大規模構造における力学的統計解析に関するさまざまな手法を考察して新たな理論的知見を多数得ることができた。その成果は多くの多面的手法にわたり、数多くの論文として出版した。

まず、統合摂動論をピーク統計に応用する成果として、ピークに存在するとした銀河の速度が周囲の速度場に比べてバイアスされているという、ピークバイアスの効果を摂動論的に見積もることに成功した[1]。また、原始ブラックホールが宇宙初期の物質優勢期に誕生したというシナリオに基づくことにより、放射優勢期に誕生したというシナリオにはないクラスタリングの統計的性質を導くことに成功した[3]。これは数学的手法としても斬新な統合摂動論の手法により初めて可能になったものである。また、原始ブラックホールの生成量に関して、宇宙の初期非ガウス性の影響を見積もる新たな手法を発見した[9]。

また、ピーク統計に関してはこれまでに知られていなかった数学的取り扱いを開発し、距離の大きな相関関数を解析的に表すことに成功、さらにそれを数値的な多重積分によって求めた距離の小さな場合の結果と比べてその有用性を示した[4]。また、非ガウス性のある場におけるピーク統計について、摂動論的な方法による新たな公式を導いた[5]。

宇宙の大規模構造の幾何学的構造を数量化するミンコフスキー汎函数という統計量について、数学の統計・確率論分野における知見を取り入れることにより、非ガウス性を持つスカラー場に対する摂動的な予言を一般的に求める公式を導くことに成功した[6,7]。それを宇宙の大規模構造のシミュレーションと比較して実地の応用への道を切り拓いた[8]。

また、宇宙の大規模構造における非ガウス的な特徴を使って重力理論の検証を行うという新方向の理論解析についても考察し、Skewness parameters という量を導入してこれを行う場合の理論的な振る舞いを調べた[12]。修正重力理論にどのような制限をつけられるかを調べることにより、将来的な応用可能性を論じた。

統合摂動論についてはこれまでスカラー場の解析を念頭に置いた手法として開発したが、本研究期間にこれを一般的なテンソル場の解析にも使えることを発見し、その基本的な定式化に向けて大きな進展が得られた。こちらは大掛かりな研究となり、シリーズ論文の執筆は終了し、学術雑誌に投稿中である[10,11,13,14]。

その他に関連する成果として、日本語による解説記事の執筆[15,16]、および多数の一般向け日本語書籍出版[17-22]がある。

## 原著論文:

- [1] Takahiko Matsubara, "Velocity bias and the nonlinear perturbation theory of peaks", Physical Review D, 100, id.083504 [19 pages] (2019) [10/2019], DOI: 10.1103/PhysRevD.100.083504 [arxiv:1907.13251]
- [2] Hiroyuki Kitamoto, Yoshihisa Kitazawa, Takahiko Matsubara, "de Sitter Duality and Logarithmic Decay of Dark Energy", Physical Review D, 101, id.023504 [22 pages] (2020) [01/2020], DOI: 10.1103/PhysRevD.101.023504 [arxiv:1908.02534]
- [3] Takahiko Matsubara, Takahiro Terada, Kazunori Kohri, Shuichiro Yokoyama, "Clustering of primordial black holes formed in a matter-dominated epoch", Physical Review D, 100, id.123544 [17 pages] (2019) [12/2019], DOI: 10.1103/PhysRevD.100.123544 [arxiv:1909.04053]
- [4] Takahiko Matsubara and Sandrine Codis, "Large-separation expansion of peak clustering in Gaussian random fields", Physical Review D, 101, id.063504 [17 pages] (2020) [03/2020], DOI: 10.1103/PhysRevD.101.063504 [arxiv:1910.09561]

- [5] Takahiko Matsubara, "Statistics of peaks of weakly non-Gaussian random fields: Effects of bispectrum in two- and three-dimensions", Physical Review D, 101, id.043532 [22 pages] (2020) [02/2020], DOI: 10.1103/PhysRevD.101.043532 [arxiv:2001.05702]
- [6] Satoshi Kuriki and Takahiko Matsubara, "Asymptotic expansion of the expected Minkowski functional for isotropic central limit random fields", Advances in Applied Probability, Vol.55, Issue 4 (December 2023), 10.1017/apr.2023.2 [arxiv:2011.04953]
- [7] Takahiko Matsubara and Satoshi Kuriki, "Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions", Physical Review D, 104, id.103522 [16 pages] (2021) [11/2021], DOI: 10.1103/PhysRevD.104.103522 [arxiv:2011.04954]
- [8] Takahiko Matsubara, Chiaki Hikage and Satoshi Kuriki, "Minkowski functionals and the nonlinear perturbation theory in the large-scale structure: second-order effects", Physical Review D, 105, id.023527 [13 pages] (2022) [01/2022], DOI: 10.1103/PhysRevD.105.023527 [arxiv:2012.00203]
- [9] Takahiko Matsubara and Misao Sasaki, "Non-Gaussianity effects on the primordial black hole abundance for sharply-peaked primordial spectrum", Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 10 (2022) 094, 21 pp. [10/2022], DOI: 10.1088/1475-7516/2022/10/094 [arxiv:2208.02941]
- [10] Takahiko Matsubara, "The integrated perturbation theory for cosmological tensor fields I: Basic formulation", submitted [arxiv:2210.10435]
- [11] Takahiko Matsubara, "The integrated perturbation theory for cosmological tensor fields II: Loop corrections", submitted [arxiv:2210.11085]
- [12] Daisuke Yamauchi, Shoya Ishimaru, Takahiko Matsubara, Tomo Takahashi, "Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory", Physical Review D, 107, id.043526 [16 pages] (2023) [02/2023], DOI: 10.1103/PhysRevD.107.043526, [arxiv:2211.13453]
- [13] Takahiko Matsubara, "The integrated perturbation theory for cosmological tensor fields III: Projection effects", submitted, [arxiv:2304.13304]
- [14] Takahiko Matsubara, "The integrated perturbation theory for cosmological tensor fields IV: Full-sky formulation", submitted, [arXiv:2405.09038]

#### 日本語解説

- [15] 松原隆彦, "一般相対性理論 時空の歪みと重力", 数理科学 2021 年 1 月号, p.7-14. [12/2020]
- [16] 松原隆彦, "宇宙の謎と魅力:巻頭言", 数理科学 2022 年 7 月号, p.5-6. [06/2022]

#### 著書:

- [17] 松原隆彦『宇宙は無限か有限か』,光文社(光文社新書 1037),発行:2019年11月20日発行(本体価格800円+税,256ページ),ISBN:978-4-334-04445-9
- [18] 松原隆彦『文系でもよくわかる 日常の不思議を物理学で知る』, 山と渓谷社, 発行: 2020年8月1日発行(本体価格 1400円+税, 200ページ), ISBN: 978-4-6351-3012-7
- [19] 松原隆彦『なぜか宇宙はちょうどいい:この世界を作った奇跡のパラメータ 22』,誠文堂新光社,発行:2020年11月15日発行(本体価格 1600円+税,208ページ), ISBN: 978-4-4166-2038-0
- [20] 松原隆彦『文系でもよくわかる 宇宙最大の謎!時間の本質を物理学で知る』,山と渓谷社,発行:2023年10月1日発行(本体価格1400円+税,216ページ), ISBN: 978-4-6351-3017-2

[21] 松原隆彦『宇宙とは何か』, SB クリエイティブ (SB 新書), 発行: 2024年1月15日発行(本体価格 900円+税, 208ページ), ISBN: 978-4-8156-2022-6

# 監修書:

[22] 松原隆彦『イラスト&図解 知識ゼロでも楽しく読める! 宇宙のしくみ』, 西東社, 発行: 2020 年 11 月 10 日発行(本体価格 900 円 + 税, 224 ページ), ISBN: 978-4-7916-2944-2

# 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件(うち査読付論文 10件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 3件)

1 . 著名名 Satoshi Kuriki, Takahiko Matsubara	【雑誌論文】 計10件(うち査読付論文 10件/うち国際共著 1件/うちオーブンアクセス 3件)	
Satoshi Kuriki, Takahiko Vatsubara   55   2. 論文構題   2023年	1、著者名	4 . 巻
2 : 論文程題 Asymptotic expansion of the expected Vinkowski functional for isotropic central limit random fields 1 : 記載名 Advances in Applied Probability		
Asymptotic expansion of the expected Minkowski functional for isotropic central limit random fields   1.8 単語	Satoshi Kutiki, Takaniko Watsubara	55
Asymptotic expansion of the expected Minkowski functional for isotropic central limit random fields   1.8 単語		
### 1616s  #### 1616s  ##### 1616s  ##### 1616s  ##### 1616s  ###### 1616s  #################################	2 . 論文標題	5.発行年
### 1616s  #### 1616s  ##### 1616s  ##### 1616s  ##### 1616s  ###### 1616s  #################################	Asymptotic expansion of the expected Minkowski functional for isotropic central limit random	2023年
3. 挑誌名 Advances in Applied Probability 超額交のDOI (デジタルオブジェクト護別子) なし		2020
Advances in Applied Probability   2		6 BW1846E
接職論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) なし 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) 1. 著者名 Takahiko Matsubara、Misao Sasaki 2. 論文榜證 Non-Gaussianity effects on the primordial black hole abundance for sharply-peaked primordial spectrum 3. 檢診名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics 4. 置数の内側		6.最例と最後の貝
接職論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) なし 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) 1. 著者名 Takahiko Matsubara、Misao Sasaki 2. 論文榜證 Non-Gaussianity effects on the primordial black hole abundance for sharply-peaked primordial spectrum 3. 檢診名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics 4. 置数の内側	Advances in Applied Probability	-
なし 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 巻音名 Takahiko Matsubara、Misao Sasaki 4 ・ 巻 10	"	
なし 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 巻音名 Takahiko Matsubara、Misao Sasaki 4 ・ 巻 10		
なし 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 巻音名 Takahiko Matsubara、Misao Sasaki 4 ・ 巻 10		* + • + =
コープンアクセス コープンアクセスとしている(また、その予定である) コ・著名名 Takahiko Matsubara, Misao Sasaki 1・著名名 Takahiko Matsubara, Misao Sasaki 2・論文標題 Non-Gaussianity effects on the primordial black hole abundance for sharply-peaked primordial spectrum 3・隣話名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics 6・最初と最後の頁 94 おープンアクセス カープンアクセス カープンアクセスとしている(また、その予定である) コ・著名名 Daisuke Yamauchi, Shoya Ishimaru, Takahiko Matsubara, Tono Takahashi 2・論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory 3・雑誌名 Physical Review D は、0.43526 カープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) コ・著名名 ロボックセス コ・ガンアクセス コ・ガンアクセス 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) コ・著名名 は、0.43526 日際共著 カープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) コ・著名名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi コ・著名名 Matsubara Takahiko, Muriki Satoshi コ・デンアクセス コ・デンアクセス 国際共著	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
1 著名名 Takahiko Matsubara, Misao Sasaki 2 . 論文標題 Non-Gaussianity effects on the primordial black hole abundance for sharply-peaked primordial spectrum 5 . 発行年 2022年 6 . 最初と最後の頁 94	なし	│ 有
1 著名名 Takahiko Matsubara, Misao Sasaki 2 . 論文標題 Non-Gaussianity effects on the primordial black hole abundance for sharply-peaked primordial spectrum 5 . 発行年 2022年 6 . 最初と最後の頁 94		
1 著名名 Takahiko Matsubara, Misao Sasaki 2 . 論文標題 Non-Gaussianity effects on the primordial black hole abundance for sharply-peaked primordial spectrum 5 . 発行年 2022年 6 . 最初と最後の頁 94	オープンマクセフ	国際共革
1 ・ 著名名		国际六省
Takahiko Matsubara, Misao Sasaki  10  2 . 論文様題  Non-Gaussianity effects on the primordial black hole abundance for sharply-peaked primordial spectrum  3. 雑誌名	オープンアクセスとしている(また、その予定である)	-
Takahiko Matsubara, Misao Sasaki  10  2 . 論文様題  Non-Gaussianity effects on the primordial black hole abundance for sharply-peaked primordial spectrum  3. 雑誌名		
Takahiko Matsubara, Misao Sasaki  10  2 . 論文様題  Non-Gaussianity effects on the primordial black hole abundance for sharply-peaked primordial spectrum  3. 雑誌名	1 莱老名	4
2 . 論文標題 Non-Gaussianity effects on the primordial black hole abundance for sharply-peaked primordial spectrum 3 . 雑誌名 Journal of Cosnology and Astroparticle Physics 6 . 最初と最後の頁 94  掲載論文の201 (デジタルオプジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2022/10/094 7 ー ブンアクセス 7 ー ブンアクセスとしている (また、その予定である) 1 . 著者名 Dalsuke Yamauchi, Shoya Ishimaru, Takahiko Matsubara, Tomo Takahashi 106 2 . 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory 3 . 雑誌名 Physical Review D 4 . 巻 10.1103/PhysRevD.107.043526 7 ー ブンアクセス 7 ー ブンアクセスとしている (また、その予定である) 1 . 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi 2 . 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions 3 . 雑誌名 Physical Review D 5 . 発行年 2023年 6 . 最初と最後の頁 id.103522 日際共著 7 ー ブンアクセス 日際共著 3 . 雑誌名 Physical Review D 6 . 最初と最後の頁 id.103522 日際共著 6 . 最初と最後の頁 id.103522		
Non-Gaussianity effects on the primordial black hole abundance for sharply-peaked primordial spectrum spectrum spectrum   1	Takahiko Matsubara, Misao Sasaki	10
Non-Gaussianity effects on the primordial black hole abundance for sharply-peaked primordial spectrum spectrum spectrum   1		
Non-Gaussianity effects on the primordial black hole abundance for sharply-peaked primordial spectrum spectrum spectrum   1	2 . 論文標題	5 . 発行年
Spectrum 3 . 始誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics  日報論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2022/10/094  オーブンアクセス  オーブンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Daisuke Yamauchi, Shoya Ishimaru, Takahiko Matsubara, Tomo Takahashi 2 . 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory 3 . 雑誌名 Physical Review D  日報論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  オーブンアクセス  1 . 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi 2 . 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  1 . 著者名 Physical Review D  日報語文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  1 . 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi 2 . 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  5 . 発行年 2021年 2021年 3 . 雑誌名 Physical Review D  日際共著		
3		2022+
Journal of Cosmology and Astroparticle Physics    34   通転記文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)   直読の有無 有		
Journal of Cosmology and Astroparticle Physics    34   通転記文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)   直読の有無 有	3 . 雑誌名	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) 10.1088/1475-7516/2022/10/094 有 オーブンアクセス オーブンアクセスとしている(また、その予定である)  1.著者名 Daisuke Yamauchi, Shoya Ishimaru, Takahiko Matsubara, Tono Takahashi  2.論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3.執結名 Physical Review D  おーブンアクセスとしている(また、その予定である)  おもいる場所を表現しているが表現を表現している。 「デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  カーブンアクセス  1.著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2.論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3.雑誌名 Physical Review D  おもいる場所を表現している。 「表現した。これを表現している。「表現した。これを表現している。「表現した。これを表現している。」 「表現を表現している。「表現した。これを表現している。」 「表現を表現している。「表現した。」 「表現を表現している。「表現した。」 「表現による。「表現した。」 「表現した。」 「表現による。「表現した。」 「表現した。」 「表現した。」 「表現した。」 「表現した。」 「表現による。「表現した。」 「表現した。」 「また。) 「表現した。」 「また。) 「ま		
10.1088/1475-7516/2022/10/094 有	Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	34
10.1088/1475-7516/2022/10/094 有		
10.1088/1475-7516/2022/10/094 有		
10.1088/1475-7516/2022/10/094 有	掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	│査読の有無
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)		
### A - ブンアクセスとしている(また、その予定である)  1. 著者名 Daisuke Yamauchi, Shoya Ishimaru, Takahiko Matsubara, Tomo Takahashi  2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  ### A - ブンアクセス  10.1103/PhysRevD.107.043526  1. 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi  2. 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3. 雑誌名 Physical Review D  #### A - ブンアクセス  1. 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi  3. 雑誌名 Physical Review D  ###################################	10.1000/1475-7310/2022/10/094	
### A - ブンアクセスとしている(また、その予定である)  1. 著者名 Daisuke Yamauchi, Shoya Ishimaru, Takahiko Matsubara, Tomo Takahashi  2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  ### A - ブンアクセス  10.1103/PhysRevD.107.043526  1. 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi  2. 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3. 雑誌名 Physical Review D  #### A - ブンアクセス  1. 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi  3. 雑誌名 Physical Review D  ###################################		
1 . 著者名 Daisuke Yamauchi, Shoya Ishimaru, Takahiko Matsubara, Tomo Takahashi  2 . 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3 . 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  1 . 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi  2 . 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3 . 雑誌名 Physical Review D  第載語文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 1 . 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi  3 . 雑誌名 Physical Review D  『類談論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  「類談論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  「国際共著	オーブンアクセス	│国際共著
1 . 著者名 Daisuke Yamauchi, Shoya Ishimaru, Takahiko Matsubara, Tomo Takahashi  2 . 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3 . 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  1 . 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi  2 . 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3 . 雑誌名 Physical Review D  第載語文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 1 . 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi  3 . 雑誌名 Physical Review D  『類談論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  「類談論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  「国際共著	オープンアクセスとしている(また、その予定である)	-
Daisuke Yamauchi, Shoya Ishimaru, Takahiko Matsubara, Tomo Takahashi  2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  6. 最初と最後の頁 id.043526  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  オープンアクセス  1. 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi  2. 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3. 雑誌名 Physical Review D  6. 最初と最後の頁 id.103522  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  周載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  国際共著		
Daisuke Yamauchi, Shoya Ishimaru, Takahiko Matsubara, Tomo Takahashi  2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  6. 最初と最後の頁 id.043526  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  オープンアクセス  1. 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi  2. 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3. 雑誌名 Physical Review D  6. 最初と最後の頁 id.103522  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  周載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  国際共著	4 *** +/ 47	4 344
2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  1. 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi  2. 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3. 雑誌名 Physical Review D  おもうないには、これには、これには、これには、これには、これには、これには、これには、これ	1.者者名	_
2 . 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory       5 . 発行年 2023年         3 . 雑誌名 Physical Review D       6 . 最初と最後の頁 id.043526         掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526       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 104         1 . 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi       4 . 巻 104         2 . 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions       5 . 発行年 2021年         3 . 雑誌名 Physical Review D       6 . 最初と最後の頁 id.103522         掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522       査読の有無 有         オープンアクセス       国際共著	Daisuke Yamauchi, Shoya Ishimaru, Takahiko Matsubara, Tomo Takahashi	106
Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory 2023年  3 . 雑誌名 Physical Review D  6 . 最初と最後の頁 id.043526  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  1 . 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi  2 . 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3 . 雑誌名 Physical Review D  6 . 最初と最後の頁 id.103522  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  「査読の有無 10.1103/PhysRevD.104.103522  国際共著		
Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory 2023年  3 . 雑誌名 Physical Review D  6 . 最初と最後の頁 id.043526  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  1 . 著者名 Matsubara Takahiko, Kuriki Satoshi  2 . 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3 . 雑誌名 Physical Review D  6 . 最初と最後の頁 id.103522  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  「査読の有無 10.1103/PhysRevD.104.103522  国際共著		
3 . 雑誌名 Physical Review D		5
Physical Review D id.043526  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	2.論文標題	
Physical Review D id.043526  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526 有  オープンアクセス  1. 著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi	2.論文標題	
Physical Review D id.043526  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526 有  オープンアクセス  1. 著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi	2.論文標題	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	2 . 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory	2023年
10.1103/PhysRevD.107.043526 有 国際共著 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名	2023年 6 . 最初と最後の頁
10.1103/PhysRevD.107.043526 有 国際共著 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名	2023年 6 . 最初と最後の頁
10.1103/PhysRevD.107.043526 有 国際共著 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名	2023年 6 . 最初と最後の頁
10.1103/PhysRevD.107.043526 有 国際共著 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D	2023年 6 . 最初と最後の頁
オープンアクセス 国際共著 オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2 . 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3 . 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  周歌共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D	2023年 6.最初と最後の頁 id.043526
コ・オープンアクセスとしている(また、その予定である) - 1・著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi 4・巻 104 2・論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions 5・発行年 2021年 3・雑誌名 Physical Review D 6・最初と最後の頁 id.103522 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 有 オープンアクセス 国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	2023年 6.最初と最後の頁 id.043526 査読の有無
コ・オープンアクセスとしている(また、その予定である) - 1・著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi 4・巻 104 2・論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions 5・発行年 2021年 3・雑誌名 Physical Review D 6・最初と最後の頁 id.103522 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 有 オープンアクセス 国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子)	2023年 6.最初と最後の頁 id.043526 査読の有無
コ・オープンアクセスとしている(また、その予定である) - 1・著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi 4・巻 104 2・論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions 5・発行年 2021年 3・雑誌名 Physical Review D 6・最初と最後の頁 id.103522 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 有 オープンアクセス 国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子)	2023年 6.最初と最後の頁 id.043526 査読の有無
1 . 著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2 . 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3 . 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  有  オープンアクセス  国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526	2023年 6.最初と最後の頁 id.043526 査読の有無 有
Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi 104  2. 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions 2021年  3. 雑誌名 Physical Review D 6. 最初と最後の頁 id.103522  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522 有  オープンアクセス 国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  オープンアクセス	2023年 6.最初と最後の頁 id.043526 査読の有無 有
Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi 104  2. 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions 2021年  3. 雑誌名 Physical Review D 6. 最初と最後の頁 id.103522  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522 有  オープンアクセス 国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  オープンアクセス	2023年 6.最初と最後の頁 id.043526 査読の有無 有
2.論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions5.発行年 2021年3.雑誌名 Physical Review D6.最初と最後の頁 id.103522掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522査読の有無 有オープンアクセス国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)	2023年 6.最初と最後の頁 id.043526  査読の有無 有  国際共著
2.論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions5.発行年 2021年3.雑誌名 Physical Review D6.最初と最後の頁 id.103522掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522査読の有無 有オープンアクセス国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)	2023年 6.最初と最後の頁 id.043526  査読の有無 有  国際共著
Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  2021年  3.雑誌名 Physical Review D  6.最初と最後の頁 id.103522  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  有  オープンアクセス  国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 -
Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  2021年  3.雑誌名 Physical Review D  6.最初と最後の頁 id.103522  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  有  オープンアクセス  国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 -
3.雑誌名 Physical Review D  「は.103522  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  有  オープンアクセス  国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1. 著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104
3.雑誌名 Physical Review D  「は.103522  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  有  オープンアクセス  国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1. 著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2. 論文標題	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104
Physical Review D       id.103522         掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)       査読の有無         10.1103/PhysRevD.104.103522       有         オープンアクセス       国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1. 著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2. 論文標題	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104 5.発行年
Physical Review D       id.103522         掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)       査読の有無         10.1103/PhysRevD.104.103522       有         オープンアクセス       国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1. 著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2. 論文標題	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104 5.発行年
掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522 オープンアクセス 国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1. 著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2. 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104 5.発行年 2021年
掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522 オープンアクセス 国際共著	2.論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3.雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1.著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2.論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3.雑誌名	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104 5.発行年 2021年 6.最初と最後の頁
10.1103/PhysRevD.104.103522 有 オープンアクセス 国際共著	2.論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3.雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1.著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2.論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3.雑誌名	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104 5.発行年 2021年 6.最初と最後の頁
10.1103/PhysRevD.104.103522 有 オープンアクセス 国際共著	2.論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3.雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1.著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2.論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3.雑誌名	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104 5.発行年 2021年 6.最初と最後の頁
10.1103/PhysRevD.104.103522 有 オープンアクセス 国際共著	2.論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3.雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1.著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2.論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3.雑誌名	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104 5.発行年 2021年 6.最初と最後の頁
オープンアクセス 国際共著	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1. 著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2. 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3. 雑誌名 Physical Review D	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104 5.発行年 2021年 6.最初と最後の頁id.103522
オープンアクセス 国際共著	2.論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3.雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1.著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2.論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3.雑誌名 Physical Review D	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104 5.発行年 2021年 6.最初と最後の頁id.103522
	2.論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3.雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1.著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2.論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3.雑誌名 Physical Review D	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104 5.発行年 2021年 6.最初と最後の頁id.103522  査読の有無
	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1. 著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2. 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3. 雑誌名 Physical Review D	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104 5.発行年 2021年 6.最初と最後の頁id.103522  査読の有無
オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが闲難	2. 論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1. 著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2. 論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3. 雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104 5.発行年 2021年 6.最初と最後の頁id.103522  査読の有無 有
	2.論文標題 Skewness consistency relation in large-scale structure and test of gravity theory  3.雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.043526  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)  1.著者名 Matsubara Takahiko、Kuriki Satoshi  2.論文標題 Weakly non-Gaussian formula for the Minkowski functionals in general dimensions  3.雑誌名 Physical Review D  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.103522  オープンアクセス	2023年 6.最初と最後の頁id.043526  査読の有無 有 国際共著 - 4.巻 104 5.発行年 2021年 6.最初と最後の頁id.103522  査読の有無 有

1 . 著者名	4 . 巻
Matsubara Takahiko、Hikage Chiaki、Kuriki Satoshi	105
2 . 論文標題	5.発行年
Minkowski functionals and the nonlinear perturbation theory in the large-scale structure: Second-order effects	2022年
3 . 雑誌名	6.最初と最後の頁
Physical Review D	id.023527
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	
10.1103/PhysRevD.105.023527	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	4 . 巻
Takahiko Matsubara	100
2.論文標題	5 . 発行年
Velocity bias and the nonlinear perturbation theory of peaks	2019年
3 . 雑誌名	6.最初と最後の頁
Physical Review D	id.083504
掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	<u></u>
10.1103/PhysRevD.100.083504	有
オープンアクセス	国際共著
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	-
1 . 著者名	4 . 巻
Hiroyuki Kitamoto, Yoshihisa Kitazawa, Takahiko Matsubara	101
2.論文標題	5.発行年
de Sitter Duality and Logarithmic Decay of Dark Energy	2020年
3 . 雑誌名	6.最初と最後の頁
Physical Review D	id.023504
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	
10.1103/PhysRevD.101.023504	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
コンファクとれてはない、人はコンファクとハガロ茶	L
1 . 著者名	4 . 巻
Takahiko Matsubara, Takahiro Terada, Kazunori Kohri, Shuichiro Yokoyama	100
2.論文標題	5 . 発行年
Clustering of primordial black holes formed in a matter-dominated epoch	2019年
3 . 雑誌名	6.最初と最後の頁
Physical Review D	id.123544
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	
10.1103/PhysRevD.100.123544	有
オープンアクセス	国際共著
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	-

1.著者名	4 . 巻
Takahiko Matsubara and Sandrine Codis	101
2.論文標題	5 . 発行年
Large-separation expansion of peak clustering in Gaussian random fields	2020年
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
Physical Review D	id.063504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1103/PhysRevD.101.063504	有
<b>「オープンアクセス</b>	国際共著
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	該当する

1.著者名	4 . 巻
Takahiko Matsubara	101
2.論文標題	5 . 発行年
Statistics of peaks of weakly non-Gaussian random fields: Effects of bispectrum in two- and three-dimensions	2020年
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
Physical Review D	id.043532
 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	<u></u> 査読の有無
10.1103/PhysRevD.101.043532	有
オープンアクセス	国際共著
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	-

## 〔学会発表〕 計9件(うち招待講演 7件/うち国際学会 6件)

1 . 発表者名

Takahiko Matsubara

2 . 発表標題

Weakly non-Gaussian formulas of cosmological fields: Peak abundance, peak clustering, and Minkowski functionals in 2D and 3D

3 . 学会等名

Cosmology with weak Lensing: Beyond the Two-point Statistics(国際学会)

4.発表年

2022年

1.発表者名

Takahiko Matsubara

2 . 発表標題

Weakly non-Gaussian formulas of cosmological random fields

3 . 学会等名

IAU-IAA Astrostats & Astroinfo seminar (招待講演) (国際学会)

4 . 発表年

2022年

1.発表者名
Takahiko Matsubara
2 . 発表標題
The integrated perturbation theory for cosmological tensor fields
The integrated perturbation theory for cosmological tensor fretus
W. F. F.
3 . 学会等名
9th Korea-Japan workshop on Dark Energy(招待講演)(国際学会)
4 . 発表年
2022年
LOLE
1. 発表者名
Takahiko Matsubara
2 . 発表標題
The integrated perturbation theory for cosmological tensor fields
3. 学会等名
New Frontiers in Cosmology with the Intrinsic Alignments of Galaxies(国際学会)
4.発表年
2022年
1 . 発表者名
Takahiko Matsubara
Takatiiku matsubata
2.発表標題
Perturbation theory of tensor fields in LSS and projection effects
3.学会等名
Mini-workshop on recent advances in theoretical and observational aspects of cosmology(招待講演)(国際学会)
with -workshop on recent advances in theoretical and observational aspects of cosmology (由行确决)(国际子云)
A SVELT
4 . 発表年
2023年
1 . 発表者名
松原隆彦
2.発表標題
宇宙における密度ゆらぎの進化と大規模構造
3 . 学会等名
日本物理学会2020年秋季大会 シンポジウム「揺らぎと流体的発展からみる物理の面白さ」(招待講演)
4 . 発表年
2020年
2020 T

1 . 発表者名	
Takahiko Matsubara	
2 . 発表標題	
2 . 宪衣標題 Higher-order corrections to the peak clustering	
mignor order corrections to the peak crustering	
3 . 学会等名	
PTchat@Kyoto(招待講演)(国際学会)	
4 ジェケ	
4. 発表年	
2019年	
1.発表者名	7
松原隆彦	
14/5/性/2	
2 . 発表標題	
平成時代における宇宙論の変遷と新時代への期待:個人的視点から	
2	
3.学会等名 第22回理論線シンポジウム「王女党・宇宇伽理学の亦漢と新時代の意思」(初待護家)	
第32回理論懇シンポジウム「天文学・宇宙物理学の変遷と新時代の幕開」(招待講演)	
4.発表年	
2019年	
1 . 発表者名	
松原隆彦	
2. 発表標題	
宇宙における密度ゆらぎの進化と大規模構造	
3.学会等名	
日本物理学会第75回年次大会 シンポジウム「揺らぎと流体的発展からみる物理の面白さ」(招待講演)	
日 · 1952 · Signord · MOCO / C · MOCO METADORNO SWORM SWORM C I (日内時代)	
4 . 発表年	
2020年	
〔図書〕 計4件	
1 . 著者名	4.発行年
松原隆彦	2020年
2.出版社	5.総ページ数
2. 山版社 山と溪谷社	3 . Mis ベーク 女X 200
щ С <i>/</i> х µ г.	
3 . 書名	
文系でもよくわかる 日常の不思議を物理学で知る	

1 . 著者名 松原隆彦	4 . 発行年 2020年
2.出版社 西東社	5.総ページ数 <sup>224</sup>
3.書名 イラスト&図解 知識ゼロでも楽しく読める! 宇宙のしくみ	
1.著者名 松原隆彦	4 . 発行年 2020年
2.出版社 誠文堂新光社	5.総ページ数 208
3.書名 なぜか宇宙はちょうどいい	
1.著者名 松原隆彦	4 . 発行年 2019年
2.出版社 光文社	5.総ページ数 <sup>256</sup>
3.書名 宇宙は無限か有限か	
〔産業財産権〕	
〔その他〕 松原隆彦ホームページ https://tmcosmos.org/taka/	
III tps://tillcosillos.org/taka/	

6 . 研究組織

٠.	17   7 C   MILL   MILL		
	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			開催年
	KEK-Cosmo and APCosPA Winter School 2020 Large Surveys	Cosmological Structures	2020年~2020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
---------	---------