

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：14301
研究種目：基盤研究(B) (一般)
研究期間：2016～2019
課題番号：16H03977
研究課題名(和文) 宇宙大規模構造の2点・3点統計量にもとづく精密宇宙論データ解析法の開発と応用
研究課題名(英文) Development and application of data analysis method for precision cosmology based on two- and three-point statistics of large-scale structure of the Universe
研究代表者
樽家 篤史 (Taruya, Atsushi)
京都大学・基礎物理学研究所・准教授
研究者番号：40334239
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では、宇宙の構造形成の理論にもとづき、銀河サーベイの基本観測データである銀河の3次元分布から、2点・3点統計量を推定、理論テンプレートとの比較から宇宙論パラメータを高精度に決定する、一連のデータ解析手法を開発・発展させた。具体的には、摂動論による解析計算と宇宙論的N体シミュレーションをもとに、パワースペクトルやバイスペクトルを高速に測定・理論予言する手法の開発と、観測効果の影響などを取り入れた共分散行列の計算アルゴリズムの開発に成功した他、次世代観測の系統誤差となりうるさまざまな効果(赤方偏移空間ゆがみとその広角度効果、観測的相対論的效果、銀河バイアスなど)を定量的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、欧米各国で大規模な銀河サーベイ観測プロジェクトが進行中で、日本ではすばる望遠鏡を用いた大規模銀河分光サーベイが数年中に稼働する。これら観測プロジェクトは、ダークエネルギーの性質(あるいは宇宙の加速膨張の起源)、宇宙論的スケールで一般相対論は成り立っているかなどの、宇宙の標準モデルが浮き彫りにした謎や仮定の検証を目指している。本課題で開発した手法・成果は、これらサーベイから得られる観測データに応用することで、従来の予想を凌駕する精度で宇宙論パラメータなどの決定が可能になるため、精度の高い謎の解明・検証が期待でき、社会への大きなインパクトを与える観測成果が得られると思われる。

研究成果の概要(英文)：This project has succeeded to develop, in a comprehensive way, the cosmological data analysis method based on the combination of the two- and three-point statistics of galaxy distributions observed via galaxy surveys. First, based on the theory of structure formation, we have developed a fast calculation method for the power spectrum and bispectrum, which can be practically used as a theoretical template of the galaxy survey data. Second, we exploited a semi-analytic treatment to estimate the covariance of power spectrum taking the survey masks and window function into account, and developed the numerical scheme to compute the covariance of redshift-space bispectrum. Further, possible observational systematics in next-generation surveys, including the wide-angle redshift-space distortions, relativistic effect, and galaxy bias, have been discussed and their potential impacts on cosmological data analysis have been quantified theoretically.

研究分野：観測的宇宙論

キーワード：宇宙の大規模構造 パワースペクトル バイスpekトル 宇宙論パラメータ 宇宙の構造形成 非線形重力進化 赤方偏移空間歪み 銀河バイアス

1. 研究開始当初の背景

近年の観測技術の進展と系統的な大規模観測から、宇宙の成り立ちと進化を探る宇宙論は飛躍的な発展をとげ、その集大成ともいえるべき、宇宙の「標準モデル」が確立した。これにより、膨張宇宙のダイナミクスから宇宙の構造形成までを、たかだか 6 個のパラメーターで記述できるようになった。しかるに、宇宙の標準モデルの確立は、現代宇宙論が内包する問題点を浮き彫りにするとともに、新たな謎を提起している。とりわけ、宇宙の全エネルギー密度のほぼ 7 割を占め、現在の宇宙を加速膨張させる要因とされるダークエネルギーについてはその性質すら特定できておらず、その存在自体、素粒子物理にもインパクトを与える大問題となっている。また、標準モデルの拠り所となるいくつかの仮定も作業仮説として導入されたもので、その成立根拠については観測による検証が待たれている。

こうした点をふまえると、標準モデルのより深い理解とその根源的理由を問う研究が今後不可欠であり、標準モデルを超える手がかりを得る上でも、大規模・精密観測に立脚した質的にも新しい宇宙論研究を進める必要がある。「精密宇宙論」と呼ばれる潮流において、重要な役割を果たすのが、銀河の撮像・分光サーベイによる宇宙の大規模構造の観測である。宇宙の大規模構造は、銀河・銀河団分布の空間パターンに反映される質量分布で、宇宙の構造形成のみならず宇宙膨張のダイナミクスに強く依存する。この宇宙の大規模構造の統計的性質をパーセントレベルの高精度で測定しようと、世界各地で観測プロジェクトが立案・稼働中で、日本でもすばる望遠鏡を用いた、HSC、PFS と呼ばれる広視野撮像・多天体分光観測プロジェクトが進んでいる[†]。こうした観測がもたらす高精度の統計データにより、ダークエネルギーの性質、あるいは加速膨張の起源の解明や、宇宙論的スケールでの重力理論の検証など、標準モデルを超える様々な手がかりが得られると期待されている。

したがって、今後の精密宇宙論の発展は、銀河サーベイの観測データから、いかに効率よく、かつ系統誤差を抑えて、宇宙論的情報を引き出せるかにかかっている。従来手法では、観測データからパワースペクトル(または 2 点相関関数)と呼ばれる 2 点統計量を測定し、そのふるまいを理論予言と比較することで、宇宙論パラメーターなどを決定、あるいは制限してきた。しかるに、重力による非線形進化が進んだ宇宙の大規模構造では、非ガウス性が発達しており、統計精度が高まる今後の観測データでは、パワースペクトル、または 3 点相関関数と呼ばれる 3 点統計量からも宇宙論的情報が引き出せる。2 点および 3 点統計量を組み合わせることで、従来を凌駕したさらに強い宇宙論的制限、あるいは精密な検証が可能となる。来るべき観測に備えて、2 点・3 点を組み合わせた宇宙論の統計データ解析の開発・発展は、銀河サーベイを用いた精密宇宙論において、きわめて本質的かつ重要な意味をもっている。

2. 研究の目的

上述の背景を踏まえ、本研究では、**従来の 2 点統計量を用いたデータ解析に、3 点統計量を組み合わせることで、銀河サーベイ観測にもとづく新しい宇宙論統計データ解析の方法論の構築**を目指した。具体的には、宇宙の構造形成の理論にもとづき、研究代表者・分担者のこれまでの成果を融合することで、**(1) ロバストな 2 点・3 点統計量の理論テンプレートの作成、(2) 統計データ解析に不可欠な 2 点・3 点統計量の高速推定法の開発、(3) エラー共分散の解析手法の確立、**という 3 つの課題を主軸に研究を進めることで、これらの成果を統合したデータ解析により、従来の手法を凌駕する精度で宇宙論的制限が行えるか検証を行った。

3. 研究の方法

前述の「研究の目的」で述べた、3 つの主要課題を推進するために行った具体的な方法について、まとめる。

(1) 2 点・3 点統計量の理論テンプレートの作成

銀河サーベイにもとづく宇宙大規模構造の観測から宇宙の加速膨張やゆらぎの初期条件、宇宙のエネルギー・物質組成などといった宇宙論的情報を引き出すためには、**重力進化・赤方偏移空間歪み・銀河バイアスの 3 つの系統的効果を理論テンプレートに考慮することが本質的である**。本研究では、摂動計算にもとづき、これら 3 つの効果を適切に取り入れた理論テンプレートの開発を進めた。摂動論にもとづく理論テンプレートは、非線形性の弱い大スケールに適用範囲が限られるが、赤方偏移空間歪みや銀河バイアスなどの種々の効果を

[†] HSC: <https://hsc.mtk.nao.ac.jp/ssp/>

PFS: <https://pfs.ipmu.jp/ja/index.html>

容易に取り込める点ですぐれている他、データ解析の際、多次元の理論パラメーターを効率良くサーチする際にも威力を発揮する。2点統計量(パワースペクトル、相関関数)の理論テンプレートは、研究代表者・樽家、および分担者・松原の考案した摂動計算手法をもとに、独立な形で開発が進められてきた。こうした成果をもとに、本課題では、2点のみならず3点統計量も合わせて、実用的な理論テンプレート開発に取り組んだ。

さらに、理論テンプレートの高速計算という観点から、本課題では、高解像度の宇宙論的N体シミュレーションを行い、パワースペクトルを高い精度で測定、非線形重力によるパワースペクトルの時間依存性・スケール依存性を正確に記述する、解析的なフィッティング公式の作成を行った。

(2) 2点・3点統計量の高速推定法の開発

銀河の3次元分布は、赤方偏移空間歪みの影響を受けて非等方性を生じている。この非等方性の精密な測定は、宇宙論的スケールでの重力理論の検証に本質的であり、本課題では、その高速推定法の開発を行った。非等方性の定量化はいくつか知られているが、観測視線方向を主軸として統計量を多重極展開する方法が主流である。ただし、実観測データで多重極展開する際、従来の推定法では、高速フーリエ変換が使えないなどの難点があった。本課題では、この点を克服し、2点のみならず、3点統計にも拡張し、系統誤差をおさえた非等方性の最適な推定コードの開発を行った。また、開発したコードをもとに、N体シミュレーションのデータを用いて、系統誤差を抑えて精度よく2点・3点統計量を測定するための最適な条件を求めた。

(3) エラー共分散の解析方法の確立

2点・3点統計量を組み合わせた統計データ解析において、データどうしの相関(エラー共分散)を正しく見積もることが本質的となる。特に宇宙論では、観測領域の有限性や重力非線形性などがエラー共分散に影響し、観測データだけからエラー共分散を見積もることは難しい。本課題では、観測の系統的效果を考慮した2点・3点統計に対するエラー共分散の理論的計算法を開発した。まず、N体シミュレーションを多数試行し、ハローと呼ばれる天体に対して、重力進化・赤方偏移空間歪みを考慮した2点・3点統計の共分散行列の構築を行った。また、摂動論による解析計算を応用することで、観測マスク・サーベイ窓関数の影響を入れた共分散行列の高速推定アルゴリズムを考案し、N体シミュレーションをもとにそのアルゴリズムの検証を行った。

なお、これら3つの課題に加えて、本研究で確立した手法を将来得られる観測データに適用することで、宇宙論的制限がどれだけ改善するか、理論的な見積もりも行い、本手法の有効性の議論を行った。さらに、高精度統計データの解析において、潜在的に系統誤差となりうる効果のインパクトについて、摂動計算やN体シミュレーションを駆使して定量的に評価した。

4. 研究成果

本研究を通して得られた成果は、上述の3つの主要課題に関するものと((1)~(3))、それらの派生から得られた成果((4))に分けられる。以下、それぞれについて、主要論文・発表を挙げつつ、まとめる。

(1) 2点・3点統計量の理論テンプレート

本研究を通して、これまで未開拓であった高次統計量であるパワースペクトルの理論テンプレートの整備が一気に進んだ。まず、摂動論的手法にもとづいて赤方偏移空間歪みの効果を取り入れた解析的なモデルが確立、部分的に非摂動的な取り扱いを採用することで、従来の摂動論の適用範囲を凌駕する、精度のよいテンプレートの確立に成功した。これにより、パワースペクトルでも、赤方偏移空間歪みによって生じる非等方性の測定が可能になり、重力理論の高精度検証の道が拓けた。さらに、銀河バイアスの影響を取り入れた解析的モデルの開発にも成功、観測への応用可能性を広げた。一方、高解像度のN対シミュレーションをもとに、質量パワースペクトルの高精度フィッティング公式の作成に成功し、非線形領域にわたって適用可能な理論テンプレートが確立、重力レンズ観測への応用も可能になった。加えて、一般相対論とは異なる様々な重力理論のもとで、2点・3点統計の理論予言を可能とする汎用摂動計算手法の開発にも成功、従来の整合性テストを超えた重力理論検証の道を切り拓いた。

(2) 2点・3点統計量の高速推定法

赤方偏移空間における非等方パワースペクトル、パワースペクトルの測定は、従来の手法では計算時間に難があったが、今後の高赤方偏移サーベイから求まる銀河サンプルに対しては、遠方観測者近似と呼ばれる近似が十分妥当である。これを用いることにより、高速フーリエ変換の実装が可能となり、多重極パワースペクトル、パワースペクトルの測定の飛躍的な高速

化を達成した。開発したコードをもとに、シミュレーションデータや BOSS や eBOSS などの既存の銀河サーベイデータから多重極パワースペクトル、バイスペクトルを測定し、赤方偏移空間歪みの非等方性を定量評価することに成功した。さらに、(1)で得られた理論テンプレートをもとに、測定された非等方性から宇宙論的スケールでの重力理論の検証を行った結果、バイスペクトルを組み合わせることで、検証精度が向上することを明らかにした。

(3) エラー共分散の解析方法

これまで、赤方偏移空間における非等方パワースペクトルおよびバイスペクトルのエラー共分散を定量的に評価した研究はなかった。本研究では、ランダムな宇宙論的初期条件にもとづくシミュレーションを 4,000 回試行することで、(2)の成果をもとに、ハローの密度ゆらぎに対するエラー共分散を初めて、かつ精密に測定した。求めた共分散行列を考慮して、多重極パワースペクトル、バイスペクトルから重力理論の検証を行い、従来無視してきた共分散行列の非対角成分の影響を明らかにした。さらに、摂動論をもとに、格子上的ランダム密度場を高速計算するアルゴリズムを開発、観測マスク・サーベイ窓関数の影響を取り入れた共分散行列を、N 体シミュレーションより高速に推定する方法を確立した。

(4) 将来観測における様々な理論的示唆

本研究で特に注目して研究してきたバイスペクトル(3点統計量)は、従来の2点統計量を用いて行われてきた解析からは得られない独立な宇宙論的情報をも有している。したがって、バイスペクトルを測定・比較することで新しいサイエンスを切り拓くことができる。本研究では、将来観測を念頭に、バイスペクトルが有する潜在能力を解き明かす研究を行い、修正重力理論、原始非ガウス性に対する新たな制限の可能性を定量的に明らかにした。さらに、2点・3点統計を用いた宇宙論データ解析において、潜在的に系統誤差となりうる赤方偏移空間歪みの広角度効果、ならびに、観測的相対論効果が生み出す非対称相関に対し、線形領域を超えて適用可能な解析的モデルを構築、N 対シミュレーションとの検証を踏まえ、それらの影響を定量的に明らかにした。

<引用文献>

以下に記載の学術論文・研究発表は、 を除き、項目5「主な発表論文等」にも記載している：

Hashimoto Ichihiko, Rasera Yann, Taruya Atsushi, “Precision cosmology with redshift-space bispectrum: A perturbation theory based model at one-loop order”, *Physical Review D* **96**, 063522 (2017)

Takahiko Matsubara, Vincent Desjacques, “Impacts of biasing schemes in the one-loop integrated perturbation theory”, *Physical Review D* **92**, 123522 (2016)

Kazuhiro Yamamoto, Yue Nan, Chiaki Hikage, “An analytic halo approach to the bispectrum of galaxies in redshift space” *Physical Review D* **95**, 043528 (2017)

Takahashi Ryuichi, Nishimichi Takahiro, Namikawa Toshiya, Taruya Atsushi, Kayo Issha, Osato Ken, Kobayashi Yosuke, Shirasaki Masato, “Fitting the Nonlinear Matter Bispectrum by the Halofit Approach”, *The Astrophysical Journal* **895**, 113 (2020)

Atsushi Taruya, “Constructing perturbation theory kernels for large-scale structure in generalized cosmologies”, *Physical Review D* **94**, 023504 (2016)

Bose Benjamin, Taruya Atsushi, “The one-loop matter bispectrum as a probe of gravity and dark energy”, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* **10**, 019 (2018)

橋本一彦, “Toward a precision cosmological test of gravity from redshift-space bispectrum based on perturbation theory” (博士論文), 2018年

高橋龍一, “Bispectrum covariance estimated from numerical simulations”, 第7回観測的宇宙論ワークショップ, 2019年

Taruya Atsushi, Nishimichi Takahiro, Jeong Donghui, "Grid-based calculation for perturbation theory of large-scale structure", Physical Review D **98**, 103532 (2018)

Taruya Atsushi, Nishimichi Takahiro, Jeong Donghui, "Covariance of the matter power spectrum including the survey window function effect: N -body simulations versus fifth-order perturbation theory on grids", Physical Review D **103**, 023501 (2021)

Ichihiko Hashimoto, Atsushi Taruya, Takahiko Matsubara, Toshiya Namikawa, Shuichiro Yokoyama, "Constraining higher-order parameters for primordial non-Gaussianities from power spectra and bispectra of imaging surveys", Physical Review D **93**, 103537 (2016)

Namikawa Toshiya, Bouchet Francois R., Taruya Atsushi, "CMB lensing bispectrum as a probe of modified gravity theories", Physical Review D **98**, 043530 (2018)

Taruya Atsushi, Saga Shohei, Yann Rasera, Michel-Andres Breton, Fujita Tomohiro, "Wide-angle redshift-space distortions at quasi-linear scales: cross-correlation functions from Zel'dovich approximation", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society **491**, 4162-4179 (2020)

Saga Shohei, Taruya Atsushi, Breton Michel-Andres, Rasera Yann, "Modelling the asymmetry of the halo cross-correlation function with relativistic effects at quasi-linear scales", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society **498**, 981-1001 (2020)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計45件（うち査読付論文 45件 / うち国際共著 26件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Matsubara Takahiko	4. 巻 100
2. 論文標題 Velocity bias and the nonlinear perturbation theory of peaks	5. 発行年 2019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.100.083504	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 -
1. 著者名 Okumura Teppei, Taruya Atsushi, Nishimichi Takahiro	4. 巻 100
2. 論文標題 Intrinsic alignment statistics of density and velocity fields at large scales: Formulation, modeling, and baryon acoustic oscillation features	5. 発行年 2019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.100.103507	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 Taruya Atsushi, Saga Shohei, Yann Rasera, Michel-Andres Breton, Fujita Tomohiro	4. 巻 491
2. 論文標題 Wide-angle redshift-space distortions at quasi-linear scales: cross-correlation functions from Zel'dovich approximation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 4162-4179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz3272	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 Taruya Atsushi, Okumura Teppei	4. 巻 291
2. 論文標題 Improving Geometric and Dynamical Constraints on Cosmology with Intrinsic Alignments of Galaxies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	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) 10.3847/2041-8213/ab7934	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 Okumura Teppei, Taruya Atsushi	4. 巻 493
2. 論文標題 Anisotropies of galaxy ellipticity correlations in real and redshift space: angular dependence in linear tidal alignment model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 L124-L128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnrasl/slaa024	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 Okumura Teppei, Taruya Atsushi, Nishimichi Takahiro	4. 巻 494
2. 論文標題 Testing tidal alignment models for anisotropic correlations of halo ellipticities with N-body simulations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 694-702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa718	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 Takahashi Ryuichi, Nishimichi Takahiro, Namikawa Toshiya, Taruya Atsushi, Kayo Issha, Osato Ken, Kobayashi Yosuke, Shirasaki Masato	4. 巻 895
2. 論文標題 Fitting the Nonlinear Matter Bispectrum by the Halofit Approach	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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) 10.3847/1538-4357/ab908d	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 -

1. 著者名 Saga Shohei, Taruya Atsushi, Breton Michel-Andres, Rasera Yann	4. 巻 498
2. 論文標題 Modelling the asymmetry of the halo cross-correlation function with relativistic effects at quasi-linear scales	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 981-1001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa2232	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 Halle Anelle, Nishimichi Takahiro, Taruya Atsushi, Colombi Stephane, Bernardeau Francis	4. 巻 499
2. 論文標題 Power spectrum response of large-scale structure in 1D and in 3D: tests of prescriptions for post-collapse dynamics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 1769-1787
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa2878	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 Taruya Atsushi, Nishimichi Takahiro, Jeong Donghui	4. 巻 103
2. 論文標題 Covariance of the matter power spectrum including the survey window function effect: N -body simulations versus fifth-order perturbation theory on grids	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.103.023501	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 Matsubara Takahiko	4. 巻 101
2. 論文標題 Statistics of peaks of weakly non-Gaussian random fields: Effects of bispectrum in two- and three-dimensions	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.101.043532	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 -

1. 著者名 Matsubara Takahiko, Codis Sandrine	4. 巻 101
2. 論文標題 Large-separation expansion of peak clustering in Gaussian random fields	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.101.063504	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 Song Yong-Seon, Zheng Yi, Taruya Atsushi, Oh Minji	4. 巻 2018
2. 論文標題 Hybrid modeling of redshift space distortions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 018 ~ 018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2018/07/018	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 Kogai Kazuhiro, Matsubara Takahiko, Nishizawa Atsushi J., Urakawa Yuko	4. 巻 2018
2. 論文標題 Intrinsic galaxy alignment from angular dependent primordial non-Gaussianity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 014 ~ 014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2018/08/014	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 -

1. 著者名 Nan Yue, Yamamoto Kazuhiro, Hikage Chiaki	4. 巻 2018
2. 論文標題 Higher multipoles of the galaxy bispectrum in redshift space	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 038 ~ 038
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2018/07/038	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 -

1. 著者名 Namikawa Toshiya, Bouchet Francois R., Taruya Atsushi	4. 巻 98
2. 論文標題 CMB lensing bispectrum as a probe of modified gravity theories	5. 発行年 2018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.98.043530	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 Nan Yue, Yamamoto Kazuhiro	4. 巻 98
2. 論文標題 Gravitational redshift in the void-galaxy cross-correlation function in redshift space	5. 発行年 2018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.98.043527	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 -

1. 著者名 Bose Benjamin, Taruya Atsushi	4. 巻 2018
2. 論文標題 The one-loop matter bispectrum as a probe of gravity and dark energy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 019 ~ 019
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2018/10/019	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 Taruya Atsushi, Nishimichi Takahiro, Jeong Donghui	4. 巻 98
2. 論文標題 Grid-based calculation for perturbation theory of large-scale structure	5. 発行年 2018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.98.103532	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 Saga Shohei, Taruya Atsushi, Colombi Stephane	4. 巻 121
2. 論文標題 Lagrangian Cosmological Perturbation Theory at Shell Crossing	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	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/PhysRevLett.121.241302	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 Takahashi Ryuichi, Nishimichi Takahiro, Takada Masahiro, Shirasaki Masato, Shiroyama Kosei	4. 巻 482
2. 論文標題 Covariances for cosmic shear and galaxy-galaxy lensing in the response approach	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 4253 ~ 4277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/sty2962	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 -

1. 著者名 Breton Michel-Andres, Rasera Yann, Taruya Atsushi, Lacombe Osmin, Saga Shohei	4. 巻 483
2. 論文標題 Imprints of relativistic effects on the asymmetry of the halo cross-correlation function: from linear to non-linear scales	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2671 ~ 2696
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/sty3206	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 Namikawa Toshiya, Takahashi Ryuichi	4. 巻 99
2. 論文標題 Impact of nonlinear growth of the large-scale structure on CMB B-mode delensing	5. 発行年 2019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.99.023530	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 -

1. 著者名 Namikawa Toshiya, Bose Benjamin, Bouchet Francois R., Takahashi Ryuichi, Taruya Atsushi	4. 巻 99
2. 論文標題 CMB lensing bispectrum: Assessing analytical predictions against full-sky lensing simulations	5. 発行年 2019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.99.063511	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 Osato Ken, Nishimichi Takahiro, Bernardeau Francis, Taruya Atsushi	4. 巻 99
2. 論文標題 Perturbation theory challenge for cosmological parameters estimation: Matter power spectrum in real space	5. 発行年 2019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.99.063530	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 Hashimoto Ichihiko, Rasera Yann, Taruya Atsushi	4. 巻 96
2. 論文標題 Precision cosmology with redshift-space bispectrum: A perturbation theory based model at one-loop order	5. 発行年 2017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.96.043526	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 Taruya Atsushi, Colombi Stephane	4. 巻 470
2. 論文標題 Post-collapse perturbation theory in 1D cosmology - beyond shell-crossing	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 4858 ~ 4884
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stx1501	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 Nishimichi Takahiro, Bernardeau Francis, Taruya Atsushi	4. 巻 96
2. 論文標題 Moving around the cosmological parameter space: A nonlinear power spectrum reconstruction based on high-resolution cosmic responses	5. 発行年 2017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.96.123515	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 Sakuma Daiki, Terukina Ayumu, Yamamoto Kazuhiro, Hikage Chiaki	4. 巻 97
2. 論文標題 Gravitational redshifts of clusters and voids	5. 発行年 2018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.97.063512	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 -

1. 著者名 Takahashi Ryuichi, Hamana Takashi, Shirasaki Masato, Namikawa Toshiya, Nishimichi Takahiro, Osato Ken, Shiroyama Kosei	4. 巻 850
2. 論文標題 Full-sky Gravitational Lensing Simulation for Large-area Galaxy Surveys and Cosmic Microwave Background Experiments	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 24 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa943d	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 -

1. 著者名 Shirasaki Masato, Takada Masahiro, Miyatake Hironao, Takahashi Ryuichi, Hamana Takashi, Nishimichi Takahiro, Murata Ryoma	4. 巻 470
2. 論文標題 Robust covariance estimation of galaxy-galaxy weak lensing: validation and limitation of jackknife covariance	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 3476 ~ 3496
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stx1477	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 -

1. 著者名 Ichihiko Hashimoto, Atsushi Taruya, Takahiko Matsubara, Toshiya Namikawa, Shuichiro Yokoyama	4. 巻 93
2. 論文標題 Constraining higher-order parameters for primordial non-Gaussianities from power spectra and bispectra of imaging surveys	5. 発行年 2016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.93.103537	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 -

1. 著者名 Teppei Okumura, Chiaki Hikage, Tomonori Totani, Motonari Tonegawa, Hiroyuki Okada, Karl Glazebrook, Chris Blake, Pedro G. Ferreira, Surhud More, Atsushi Taruya et al. (and 15 coauthors including Takahiko Matsubara, Ryuichi Takahashi)	4. 巻 68
2. 論文標題 The Subaru FMOS galaxy redshift survey (FastSound). IV. New constraint on gravity theory from redshift space distortions at $z \sim 1.4$	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	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) 10.1093/pasj/psw029	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 Takahiko Matsubara, Vincent Desjacques	4. 巻 93
2. 論文標題 Impacts of biasing schemes in the one-loop integrated perturbation theory	5. 発行年 2016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.93.123522	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 Atsushi Taruya	4. 巻 94
2. 論文標題 Constructing perturbation theory kernels for large-scale structure in generalized cosmologies	5. 発行年 2016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.94.023504	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 -

1. 著者名 Takahiro Nishimichi, Francis Bernardeau, Atsushi Taruya	4. 巻 762
2. 論文標題 Response function of the large-scale structure of the universe to the small scale inhomogeneities	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 247-252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2016.09.035	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 Patrick Valageas, Atsushi Taruya, Takahiro Nishimichi	4. 巻 95
2. 論文標題 Consistency relations for large-scale structures with primordial non-Gaussianities	5. 発行年 2017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.95.023504	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 Kazuhiro Yamamoto, Yue Nan, Chiaki Hikage	4. 巻 95
2. 論文標題 An analytic halo approach to the bispectrum of galaxies in redshift space	5. 発行年 2017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.95.043528	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 -

[学会発表] 計49件 (うち招待講演 24件 / うち国際学会 29件)

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Wide-angle redshift-space distortions at quasi-linear scales -- modeling relativistic dipole
3. 学会等名 PTchat: Perturbative approaches to large-scale structure of the Universe (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松原隆彦
2. 発表標題 Higher-order corrections to the peak clustering
3. 学会等名 PTchat: Perturbative approaches to large-scale structure of the Universe (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Probing dark matter from nonlinear structure formation of the Universe
3. 学会等名 YITP molecule-type workshop on "Resonant instabilities in cosmology and their observational consequences" (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Modelling wide-angle cross-correlation function with relativistic effects at quasi-linear scales
3. 学会等名 CosKASI Conference 2019 on ``The Correlated Universe,`` (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 GridSPT: grid-based calculation for perturbation theory of large-scale structure
3. 学会等名 MIAPP program on ``Dynamics of large-scale structure formation`` (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋龍一
2. 発表標題 A fitting formula of non-linear matter bispectrum
3. 学会等名 天文学会秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Intrinsic alignment of density and velocity fields as cosmological probe
3. 学会等名 CosKASI-ICG-NAOC-YITP joint collaboration workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Large-scale intrinsic alignments of cosmic density and velocity fields as cosmological probe
3. 学会等名 6th Korea-Japan workshop on dark energy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 宇宙の大規模構造の観測的相対論効果
3. 学会等名 第8回観測的宇宙論ワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松原隆彦
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
3. 学会等名 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 高橋龍一
2. 発表標題 A new fitting formula of non-linear matter bispectrum in the Halofit approach
3. 学会等名 Cosmic Acceleration 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 GridSPT: perturbation theory of large-scale structure on grids
3. 学会等名 第9回観測的宇宙論ワークショップ(国際学会)
4. 発表年 2020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 2019年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 宇宙のゆらぎ: 大規模構造の形成と非線形進化
3. 学会等名 RIMS共同研究「乱流と遷移: 構造、多重スケール、モデル」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Nonlinear structure formation in CDM cosmology: shell-crossing & multi-stream flows
3. 学会等名 5th Korea-Japan Workshop on Dark Energy: Starobinsky 's Universe (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋龍一
2. 発表標題 Full-sky gravitational lensing simulation for large-area galaxy surveys and cosmic microwave background experiments
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋龍一
2. 発表標題 Bispectrum covariance estimated from numerical simulations
3. 学会等名 日本天文学会秋の年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Lagrangian perturbation theory at shell crossing and beyond
3. 学会等名 IHP Trimester 2018: Analytics, Inference and computation in cosmology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Perturbation theory challenge for cosmological parameters estimation
3. 学会等名 4th CosKASI-ICG-NAOC-YITP joint workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nan Yue, 山本一博
2. 発表標題 gravitational redshift with voids: an analytic model with void-galaxy cross correlation function in redshift space
3. 学会等名 第7回観測的宇宙論ワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋龍一
2. 発表標題 Bispectrum covariance estimated from numerical simulations
3. 学会等名 第7回観測的宇宙論ワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nan Yue, 山本一博
2. 発表標題 Large-scale signature of supercurvature mode dark energy
3. 学会等名 YITP Asian-Pacific winter school and workshop on gravitational and cosmology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 CMB constraints on stochastic gravitational waves at 0.1-10Mpc scales
3. 学会等名 Area workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋龍一
2. 発表標題 A fitting formula of non-linear matter bispectrum for weak lensing surveys
3. 学会等名 Accelerating Universe in the Dark (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nan Yue, 山本一博
2. 発表標題 Halo approach to the bispectrum of galaxies in redshift space
3. 学会等名 One-Day Workshop on Modified Gravity and Large-Scale Structure (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Novel schemes for perturbation theory calculation of large-scale structure
3. 学会等名 One-Day Workshop on Modified Gravity and Large-Scale Structure (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Challenges in perturbation theory calculation of large-scale structure
3. 学会等名 CosKASI conference 2017: Cosmological Quests for the Next Decade (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山本一博
2. 発表標題 On the gravitational redshift of cosmological objects
3. 学会等名 CosKASI-ICG-NAOC-YITP joint workshop on ``Next-generation cosmology with large-scale structure'' (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Relativistic distorsions of large-scale structure
3. 学会等名 CosKASI-ICG-NAOC-YITP joint workshop on ``Next-generation cosmology with large-scale structure'' (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Relativistic distorsions of large-scale structure
3. 学会等名 KIAS-YITP joint workshop 2017 on "Strings, Gravity and Cosmology" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 大規模構造観測で探る宇宙と摂動論
3. 学会等名 物理学会秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋龍一
2. 発表標題 Super-sample covariances for cosmic shear and galaxy-galaxy lensing
3. 学会等名 第6回観測的宇宙論ワークショップ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Approaching and going beyond the shell crossing of structure formation with perturbation theory
3. 学会等名 第6回観測的宇宙論ワークショップ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Perturbative description of Vlasov-Poisson system in cosmology: Approaching and going beyond shell-crossing
3. 学会等名 Collisionless Boltzmann (Vlasov) Equation and Modeling of Self-Gravitating Systems and Plasmas (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 宇宙の大規模構造形成
3. 学会等名 理研シンポ・iTHES/iTHEMS研究会「非平衡物理の最前線」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Nonlinear structure formation in cold dark matter cosmology
3. 学会等名 新学術領域「なぜ宇宙は加速するのか？」シンポジウム(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 樽家篤史
2. 発表標題 Grid-based calculations for perturbation theory of large-scale structure
3. 学会等名 日本天文学会春の年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋龍一
2. 発表標題 Super-sample covariances for cosmic shear and galaxy-galaxy lensing
3. 学会等名 日本天文学会春の年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本一博
2. 発表標題 赤方偏移バイスペクトルの分解方法: Slepian & Eisenstein (2017)の応用
3. 学会等名 宇宙論における高次統計: バイスペクトルの理論と観測,
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiko Matsubara
2. 発表標題 The integrated perturbation theory
3. 学会等名 3rd Korea-Japan workshop on Dark Energy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takahiko Matsubara
2. 発表標題 The Lagrangian perturbation theory and the integrated perturbation theory
3. 学会等名 Nonlinear evolution of the large scale structure of the Universe: Theory meets Expectations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Atsushi Taruya
2. 発表標題 Redshift Space Distortions as a Probe of Gravity
3. 学会等名 Nonlinear evolution of the large scale structure of the Universe: Theory meets Expectations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Atsushi Taruya
2. 発表標題 Impact of multi-stream dynamics on precision theoretical calculation of large-scale structure
3. 学会等名 Theoretical challenges for precision galaxy clustering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ichihiko Hashimoto, Yann Rasera, Atsushi Taruya
2. 発表標題 Theoretical Model of Bispectrum in Redshift Space
3. 学会等名 Theoretical challenges for precision galaxy clustering (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Atsushi Taruya
2. 発表標題 Toward Perturbation Theory of Large-scale Structure beyond Shell-crossing
3. 学会等名 CosKASI-ICG-NAOC-YITP Workshop 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ichihiko Hashimoto, Yann Rasera, Atsushi Taruya
2. 発表標題 Modeling of bispectrum in redshift space
3. 学会等名 CosKASI-ICG-NAOC-YITP Workshop 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高橋龍一
2. 発表標題 全天重力レンズマップの作成 2
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yue Nan, Kazuhiro Yamamoto, Chiaki Hikage
2. 発表標題 On the bispectrum of galaxies in redshift space : an analytic method with halo approach
3. 学会等名 第5回観測的宇宙論ワークショップ
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kazuhiro Yamamoto
2. 発表標題 Halo approach to power spectrum and bispectrum of galaxies in redshift space
3. 学会等名 Panoramas of the Evolving Cosmos, The 6th Subaru International Conference in Hiroshima (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計4件

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 256
3. 書名 宇宙は無限か有限か	

1. 著者名 松原隆彦	4. 発行年 2020年
2. 出版社 山と溪谷社	5. 総ページ数 200
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 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 2018年
2. 出版社 光文社	5. 総ページ数 280
3. 書名 図解 宇宙のかたち	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	松原 隆彦 (Matsubara Takahiko) (00282715)	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 (82118)	
研究分担者	山本 一博 (Yamamoto Kazuhiro) (50284154)	九州大学・理学研究院・教授 (17102)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	ベルナルド フランシス (Bernardeau Francis)		
研究協力者	ラセラ ヤン (Rasera Yann)		
研究協力者	橋本 一彦 (Hashimoto Ichihiko)		
連携研究者	高橋 龍一 (Takahashi Ryuichi) (60413960)	弘前大学・理工学部・准教授 (11101)	
連携研究者	平松 尚志 (Hiramatsu Takashi) (50456175)	立教大学・理学部・助教 (32686)	

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0件

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			
スイス	Universite de Geneve			
フランス	Institut d'Astrophysique de Paris	Observatoire de Paris	Laboratoire d'Astrophysique de Marseille	他1機関
英国	University of Cambridge			
韓国	韓国天文研究院			
台湾	中央研究院天文及天文物理研究所			

共同研究相手国	相手方研究機関			
米国	The Pennsylvania State University			