

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H04836

研究課題名（和文）全天ガンマ線データの統計的解析による暗黒物質粒子の探査

研究課題名（英文）Statistical analysis of all-sky gamma-ray data for particle dark matter searches

研究代表者

安藤 真一郎 (Ando, Shin'ichiro)

東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・客員科学研究員

研究者番号：80791970

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 18,800,000円

研究成果の概要（和文）：暗黒物質の最有力候補のひとつと考えられてきた、弱く相互作用する重い粒子、通称WIMPについて全天にわたるガンマ線データを用いることで、最も正確な制限を与えることに成功した。特にフェルミ衛星によるGeV領域のガンマ線データとダークエネルギーサーベイによる重力レンズデータの相互相関を取ることで、WIMPに対する制限を得ただけでなく、高エネルギーガンマ線天体がダークマター構造の中に埋め込まれる形で存在していることを直接証明することに初めて成功した。また、これらのWIMPに対して、暗黒物質の小規模構造における準解析的モデルを構築し、先行研究よりもより正確な制限を与えることにも成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

暗黒物質の正体を解き明かすことは現代物理学の最重要課題の一つである。長年に渡ってWIMPは暗黒物質の最有力候補と考えられており、このためその性質を既に存在している大規模ガンマ線データを最新の統計的手法を用いることで突き止めることは、非常に大きな学術的意味を有する。本研究で得たWIMPに対する制限は世界をリードするものであり、また将来の暗黒物質探査の方向性を定める上で、極めて深い意義を持っている。

研究成果の概要（英文）：Using gamma-ray data over the entire sky, we have succeeded in providing the most accurate limits on weakly interacting massive particles (WIMPs), which have been considered to be one of the most promising candidates for dark matter. In particular, by cross-correlating gamma-ray data from the Fermi satellite in the GeV region with gravitational lensing data from the Dark Energy Survey, we have not only obtained limits on WIMPs but also succeeded for the first time in directly demonstrating the existence of high-energy gamma-ray sources embedded in dark matter structures.

We also succeeded in constructing semi-analytical models for these WIMPs in the small-scale structure of dark matter, which provides more accurate constraints than previous studies.

研究分野：宇宙素粒子物理学

キーワード：暗黒物質対消滅 高エネルギー天体 全天ガンマ線解析

1. 研究開始当初の背景

暗黒物質粒子の最有力候補として、弱く相互作用する重い粒子、いわゆる **WIMP** が非常に大きな注目を浴びており、**WIMP** をいかに検証するかが、素粒子物理学また宇宙物理学の大きな課題であった。研究開始当初はフェルミ衛星による豊富なガンマ線データが蓄積されていたものの、解析手法としてはまだまだ発展途上であり、これを改善することにより、**WIMP** の検証を大きく進めることができる可能性を秘めていた。また **WIMP** 同士の対消滅によるガンマ線フラックスの見積りに関しても小規模構造の理解不足ゆえ、大きな不定性が伴っており、これを改善する必要があった。

2. 研究の目的

研究代表者が長年に渡って構築してきた、最先端の統計的手法を全天ガンマ線データに適用することで、**WIMP** に対する厳しい制限を得ることを目的とした。この解析は、暗黒物質以外の高エネルギー天体に対する理解を深める上でも非常に有力な手法と考えられ、従来の研究では不可能だった新たな知見が得られることも期待される。さらに暗黒物質の小規模構造形成に関する理解を深めることで、上記の制限に対する信頼度を先行研究のものよりも大きく向上させることも目的とした。

3. 研究の方法

(1) フェルミ衛星の全天ガンマ線データを、宇宙の大規模構造との相互相関といった統計的手法を用いることで解析する。大規模構造のデータとしてはダークエネルギーサーベイによる最新の重力レンズデータを用いることで、最大感度の実現を目指した。

(2) 暗黒物質の小スケールにおける分布のモデル化を、extended Press-Schechter 定式化などを用いた準解析的なアプローチで理解する。

(3) これらの方法を高エネルギーニュートリノのデータにも適用する。

4. 研究成果

ガンマ線と重力レンズデータの相互相関の発見

フェルミ衛星による全天ガンマ線データを、ダークエネルギーサーベイによる弱い重力レンズデータと相互相関を取ることで、解析した。その結果、これら二つのデータ間の相互相関を初めて検出することに成功した (図1)。これはガンマ線背景放射を形成する主な天体である、ガンマ線ブレイザーが、暗黒物質ハローの中に形成されていることを示す直接的な証拠であり、高エネルギー天体の起源に対する示唆を与えるものとして大変意義深い結果である。

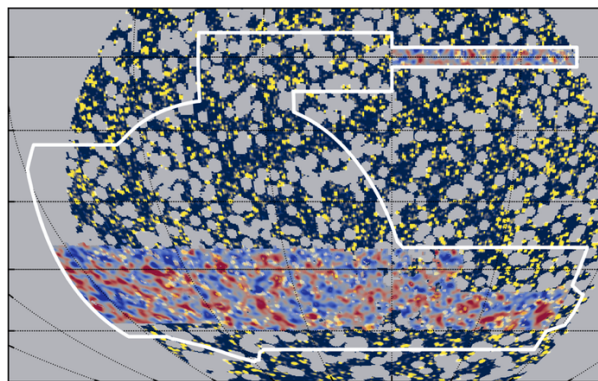


図1. 重力レンズマップ (赤、青) とガンマ線データ (黄、黒)

この結果を用いて、暗黒物質対消滅に対する最新の制限を得ることに成功している。

これらの結果は Physical Review Letters 誌に掲載され、エディター推薦記事として紹介されている。

暗黒物質サブハローの準解析的モデルの構築

暗黒物質対消滅によるガンマ線フラックスを計算する上で、サブハローと呼ばれるハロー中の構造の理解を欠かすことはできない。にもかかわらず文献中には信頼できるモデルが存在しなかった。数値シミュレーションでは解像度に限界があるため、必要とされるスケールまで記述することは困難を極める。そこで宇宙大規模構造形成の理論として成功を収めた extended Press-Schechter 定式と呼ばれる手法を、サブハローの潮汐進化モデルと組み合わせることで、数値解像度やショットノイズといった問題に悩まされることのない、準解析的モデルを構築することに成功した。このモデルは解像されているスケールにおいては数値シミュレーションの結果を正確に再現しており、信頼に足るものとなっている。

最初の結果を Physical Review D 誌に出版。その後このモデルを中心として暗黒物質対消滅へのサブハローによる影響を論じた総説記事を Galaxies 誌に出版した。

矮小銀河を用いた暗黒物質対消滅に対する制限

矮小銀河は天の川銀河に存在するサブハロー中に形成されていると考えられており、バリオンの存在量が極めて少ないことから、暗黒物質探査の理想的な環境を提供するものと考えられてきた (図 2)。このため、矮小銀河における暗黒物質を正確に理解することは WIMP に対する信頼性の高い制限を得る上でも欠かすことができない。前述のサブハローの準解析的モデルを用いることで、矮小銀河内の星の運動に対する解析をより正確なものとしてやり直し、従来の対消滅レートの見積りがファクターにして 2-7 程度間違っていることを指摘した。この結果、WIMP の重要な素粒子パラメータである対消滅弾面積に対する最も正確な制限を得ることに成功した。

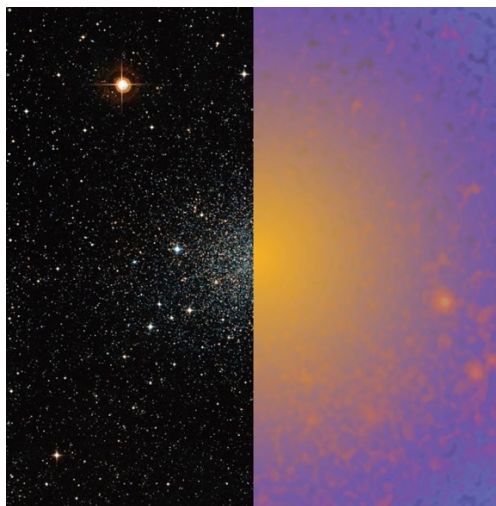


図 2. Sculptor 矮小銀河 (左) と期待される対消滅によるガンマ線強度 (右)。

この結果は Physical Review D 誌、Rapid Communication として出版した。

高エネルギーニュートリノのデータに対する統計的手法の確立

2013年にIceCubeが高エネルギーニュートリノを検出することに成功したが、どのような天体がそれらのニュートリノを生成しているかはいまだに謎に包まれている。これを解き明かすため、全天にほぼ等方的に分布しているニュートリノのデータを、本研究で構築した統計的手法を用いて解析することで起源となる天体をどの程度絞り込めるか、また暗黒物質起源のニュートリノを区別することができるか、という焦点に絞って理論的研究を行った。将来的に実際の解析においてこれらの手法が採用されることが期待されている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 21件 / うち国際共著 21件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ando Shin' ichiro, Kamada Ayuki, Sekiguchi Toyokazu, Takahashi Tomo	4. 巻 100
2. 論文標題 Smallest halos in thermal wino dark matter	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 123519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.100.123519	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 Ando Shin' ichiro, Ishiyama Tomoaki, Hiroshima Nagisa	4. 巻 7
2. 論文標題 Halo Substructure Boosts to the Signatures of Dark Matter Annihilation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Galaxies	6. 最初と最後の頁 68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/galaxies7030068	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 Ando Shin' ichiro, Kavanagh Bradley J., Macias Oscar, Alves Tiago, Broersen Siebren, Delnoij Stijn, Goldman Thomas, Groefsema Jim, Kleverlaan Jorinde, Lenssen Ja?, Muskens Toon, Visser Liam X. Palma, Peerbooms Ebo, Linden Bram van der, Verberne Sill	4. 巻 2019
2. 論文標題 Discovery prospects of dwarf spheroidal galaxies for indirect dark matter searches	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2019/10/040	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 Ishiyama Tomoaki, Ando Shin' ichiro	4. 巻 492
2. 論文標題 The abundance and structure of subhaloes near the free streaming scale and their impact on indirect dark matter searches	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 3662 ~ 3671
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa069	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 Ishiwata Koji, Macias Oscar, Ando Shin'ichiro, Arimoto Makoto	4. 巻 2020
2. 論文標題 Probing heavy dark matter decays with multi-messenger astrophysical data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2020/01/003	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 Daiki, Macias Oscar, Nishizawa Atsushi J., Hayashi Kohei, Takada Masahiro, Shirasaki Masato, Ando Shin'ichiro	4. 巻 2020
2. 論文標題 Constraining dark matter annihilation with HSC low surface brightness galaxies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2020/01/059	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 Ammazzalorso S., Gruen D., Regis M., Camera S., Ando S., Fornengo N.他	4. 巻 124
2. 論文標題 Detection of Cross-Correlation between Gravitational Lensing and Rays	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 101102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.124.101102	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 Macias Oscar, Horiuchi Shunsaku, Kaplinghat Manoj, Gordon Chris, Crocker Roland M., Nataf David M.	4. 巻 2019
2. 論文標題 Strong evidence that the galactic bulge is shining in gamma rays	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2019/09/042	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 Deheng, Macias Oscar, Horiuchi Shunsaku	4. 巻 99
2. 論文標題 Inverse Compton emission from millisecond pulsars in the Galactic bulge	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 123020
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.123020	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 Aalberts Jelle L., Ando Shin' ichiro, Borg Wouter M., Broeils Edwin, Broeils Jennypher, Broeils Stephen, Kavanagh Bradley J., Leguijt Gijs, Reemst Marnix, van Arneeman Dylan R., Vu Hoang	4. 巻 98
2. 論文標題 Precision constraints on radiative neutrino decay with CMB spectral distortion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 23001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.023001	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 Hiroshima Nagisa, Ando Shin' ichiro, Ishiyama Tomoaki	4. 巻 97
2. 論文標題 Modeling evolution of dark matter substructure and annihilation boost	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 123002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.123002	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 Ciuca Ioana, Kawata Daisuke, Ando Shin' ichiro, Calore Francesca, Read Justin I, Mateu Cecilia	4. 巻 480
2. 論文標題 A Gaia DR2 search for dwarf galaxies towards Fermi-LAT sources: implications for annihilating dark matter	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2284 ~ 2291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/sty1994	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 Klop Niki, Ando Shin'ichiro	4. 巻 98
2. 論文標題 Constraints on MeV dark matter using neutrino detectors and their implication for the 21-cm results	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 103004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.103004	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 Dekker Ariane, Ando Shin'ichiro	4. 巻 2019
2. 論文標題 Angular power spectrum analysis on current and future high-energy neutrino data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 002 ~ 002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2019/02/002	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 Feyereisen Michael R., Gaggero Daniele, Ando Shin'ichiro	4. 巻 97
2. 論文標題 One-point fluctuation analysis of IceCube neutrino events outlines a significant unassociated isotropic component and constrains the Galactic contribution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 103017
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.103017	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 Klop Niki, Ando Shin'ichiro	4. 巻 97
2. 論文標題 Effects of a neutrino-dark energy coupling on oscillations of high-energy neutrinos	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 63006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.063006	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 Aalberts Jelle L., Ando Shin' ichiro, Borg Wouter M., Broeils Edwin, Broeils Jennypher, Broeils Stephen, Kavanagh Bradley J., Leguijt Gijs, Reemst Marnix, van Arneeman Dylan R., Vu Hoang	4. 巻 98
2. 論文標題 Precision constraints on radiative neutrino decay with CMB spectral distortion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 23001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.023001	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 Hiroshima Nagisa, Ando Shin' ichiro, Ishiyama Tomoaki	4. 巻 97
2. 論文標題 Modeling evolution of dark matter substructure and annihilation boost	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 123002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.123002	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 Ciuca Ioana, Kawata Daisuke, Ando Shin' ichiro, Calore Francesca, Read Justin I, Mateu Cecilia	4. 巻 480
2. 論文標題 A Gaia DR2 search for dwarf galaxies towards Fermi-LAT sources: implications for annihilating dark matter	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2284 ~ 2291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/sty1994	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 Klop Niki, Ando Shin' ichiro	4. 巻 98
2. 論文標題 Constraints on MeV dark matter using neutrino detectors and their implication for the 21-cm results	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 103004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.103004	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 Dekker Ariane, Ando Shin'ichiro	4. 巻 2019
2. 論文標題 Angular power spectrum analysis on current and future high-energy neutrino data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 002 ~ 002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2019/02/002	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27件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 24件)

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 Understanding halo substructure for indirect dark matter searches
3. 学会等名 43rd Johns Hopkins Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 Generic constraints on sources of the diffuse neutrino background
3. 学会等名 Perspectives in Astroparticle physics from High Energy Neutrinos (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 Astrophysical neutrino theory
3. 学会等名 Prospects in Neutrino Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 Searching for particle dark matter by cross-correlating gamma rays and large-scale structure
3. 学会等名 加速宇宙シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 Analytic modeling of subhalo evolution and annihilation boost
3. 学会等名 Halo Substructure and Dark Matter Searches (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 Modeling evolution of dark matter substructure and annihilation boost
3. 学会等名 TeV Particle Astrophysics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 Modeling dark matter substructure and annihilation boost for indirect searches
3. 学会等名 Dark Ghosts (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 Analytic modeling of subhalo evolution and annihilation boost
3. 学会等名 宇宙・素粒子研究の融合によるマルチメッセンジャー天文学の推進（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 廣島渚
2. 発表標題 Modeling Evolution of Dark Matter Substructure and Annihilation Boost
3. 学会等名 新学術領域「なぜ宇宙は加速するのか?- 徹底的究明と将来への挑戦-」（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣島渚
2. 発表標題 Modeling evolution of dark matter substructure and annihilation boost
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 廣島渚
2. 発表標題 Modeling evolution of dark matter substructure and annihilation boost
3. 学会等名 COSMO 2018（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Reemst Marnix, van Arneeman Dylan R
2. 発表標題 Precision constraints on radiative neutrino decay with CMB spectral distortion
3. 学会等名 TeV Particle Astrophysics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Oscar Macias
2. 発表標題 Searching for non-Gravitational Signatures of Dark Matter in the Galactic Center
3. 学会等名 宇宙・素粒子研究の融合によるマルチメッセンジャー天文学の推進(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Niki Klop
2. 発表標題 Constraints on MeV dark matter using neutrino detectors and their implication for the 21-cm results
3. 学会等名 TeV Particle Astrophysics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 How bright can the brightest neutrino source be?
3. 学会等名 TeV Particle Astrophysics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 Power of angular power: Implications for dark matter and cosmic neutrinos
3. 学会等名 Dark Matter, Neutrinos, and Their Connections (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 全天ガンマ線データをもちいた暗黒物質対消滅の間接探査
3. 学会等名 宇宙観測と地上実験から探るダークマター研究の現状と展望
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 Analytic modeling of subhalo evolution and annihilation boost
3. 学会等名 Halo Substructure and Dark Matter Searches (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 Modeling evolution of dark matter substructure and annihilation boost
3. 学会等名 TeV Particle Astrophysics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 Modeling dark matter substructure and annihilation boost for indirect searches
3. 学会等名 Dark Ghosts (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安藤真一郎
2. 発表標題 Analytic modeling of subhalo evolution and annihilation boost
3. 学会等名 宇宙・素粒子研究の融合によるマルチメッセンジャー天文学の推進 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Oscar Macias
2. 発表標題 Searching for non-Gravitational Signatures of Dark Matter in the Galactic Center
3. 学会等名 宇宙・素粒子研究の融合によるマルチメッセンジャー天文学の推進 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 廣島 渚
2. 発表標題 Modeling Evolution of Dark Matter Substructure and Annihilation Boost
3. 学会等名 新学術領域「なぜ宇宙は加速するのか?- 徹底的究明と将来への挑戦-」(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣島渚
2. 発表標題 Modeling Evolution of Dark Matter Substructure and Annihilation Boost
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 廣島渚
2. 発表標題 Modeling evolution of dark matter substructure and annihilation boost
3. 学会等名 COSMO 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Reemst Marnix、van Arneman Dylan R
2. 発表標題 Precision constraints on radiative neutrino decay with CMB spectral distortion
3. 学会等名 TeV Particle Astrophysics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Niki Klop
2. 発表標題 Constraints on MeV dark matter using neutrino detectors and their implication for the 21-cm results
3. 学会等名 TeV Particle Astrophysics (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------