

令和 4 年 5 月 24 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03697

研究課題名(和文)世界最高感度でのダークマターの直接探索と感度向上

研究課題名(英文)World-best sensitive direct dark-matter search and its improvement

研究代表者

森山 茂栄 (Shigetaka, Moriyama)

東京大学・宇宙線研究所・教授

研究者番号：50313044

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,900,000円

研究成果の概要(和文)：宇宙の大きな謎の一つである暗黒物質の直接検出を目指し、イタリアで遂行されている国際研究グループXENON実験に参加し、世界最高感度で探索実行が期待されているXENONnT検出器を建設、運転し、最終目標となる暗黒物質と核子の断面積 $1.6 \times 10^{-48} \text{cm}^2$ を探索できる感度を本研究により実現できた。より具体的には、コロンビア大学等と共同研究し10トンの液体キセノンを液体のまま純化し、検出器の性能を最大限に発揮できるよう電子寿命13ミリ秒を達成し、ラドン濃度も 1.7microBq/kg を実現した。また、XENON 1T実験で兆候が見られた電子事象超過現象の調査を期待通りに遂行することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

暗黒物質の正体を理解することは、宇宙の生成と発展を事実に基づいて理解するために必須のことである。宇宙は何からできているのか、といった人類の根本的な疑問に答える鍵である。本研究で基礎づけを与えた技術を用い、5年程度のデータを収集し、暗黒物質発見の証拠や兆候が見られれば宇宙物理、素粒子物理学他関連分野へのインパクトは非常に大きい。また、本研究で得られた技術も、物質の純度を高速に極限まで高めるために応用できる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：We participated in the international research group XENON, which aims to directly detect dark matter, one of the universe's great mysteries. We constructed and operated the XENONnT detector, which is expected to search for dark matter with the highest sensitivity in the world. The sensitivity to search for dark matter and nucleons with a cross-section of $1.6 \times 10^{-48} \text{cm}^2$ was achieved through this research. More specifically, in collaboration with Columbia University and others, 10 tons of liquid xenon was purified in liquid form, and an electron lifetime of 13 ms was achieved to maximize the detector's performance. A radon concentration of 1.7 microBq/kg was also achieved. We investigated the electron event exceedance phenomenon that showed signs in the XENON1T experiment.

研究分野：宇宙素粒子実験

キーワード：ダークマター 暗黒物質 液体キセノン 純化 ラドン 低バックグラウンド 中性子

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

光を発しないマター(DM)の存在は、様々なスケールの宇宙の観測によって認識されてきた。その正体として、観測されづらいバリオンを始めとし、様々な候補が検討されてきた。そのような状況の下、宇宙の最大のスケールの観測である宇宙初期のゆらぎの観測などから、宇宙の物質・エネルギー組成の中で既知の物質は5%しかなく、約68%は宇宙膨張の源となる真空のエネルギーであり、残りの約27%は既知の物質とは性質の異なる未知の物質であることが判明した。一種類の未知の粒子が存在することで、宇宙の他の様々なスケールにも見られる現象も一気に理解できることは大きな魅力である。このためDMは未知粒子であることが確実視されるようになった。

一方素粒子物理学の標準理論には様々な未解決問題がある。そのため標準理論を超えた素粒子の発見と研究が切望されている。DMを構成する未知粒子の発見があれば、DMの研究を推進することにより、素粒子物理学の研究も大きく進むと期待されている。

DMの探索は、加速器を用いて候補となる粒子を生成して研究する方法もあるが、すでに宇宙に存在し、漂っているDM粒子を観測する方法がある。それはDM同士の対消滅から発生する粒子を探索する間接検出、そしてDMが検出器に衝突する事象を探索する直接検出の方法である。直接検出では、原子核の反跳や電子の反跳によって生じる現象を探索する。直接検出は唯一我々の身の回りのDMの直接的な証拠になるうえ、検出条件を変えることでDMの性質を調べることができ、DM研究に極めて有効な方法である。従って、世界最高感度での暗黒物質直接探索を遂行する強い物理的動機が認められる。

2. 研究の目的

図1に、ダークマター(DM)の有力候補 weakly interacting massive particles (WIMPs)に対する、本研究が参加するXENONnT実験の目標感度を示す。目標は、既存の実験より大幅な感度向上を行い、核子との散乱断面積に換算し $1.6 \times 10^{-48} \text{cm}^2$ (WIMPが50 GeVの場合)の感度で発見を目指すことである。図中の囲われた領域や太い点線は、標準理論のいくつかの問題を解決する超対称理論によって予言される範囲を示す。このように、超対称理論によって動機づけられた大きな領域をカバーでき、発見の可能性が高い。この探索には約5年のデータが必要であるが、本研究の目標は、初期データを用いて暗黒物質探索を行い、さらに研究期間後にデータを集積することで世界最高感度にて興味ある超対称理論のパラメータの大きな範囲を探索できる基礎を確立することである。

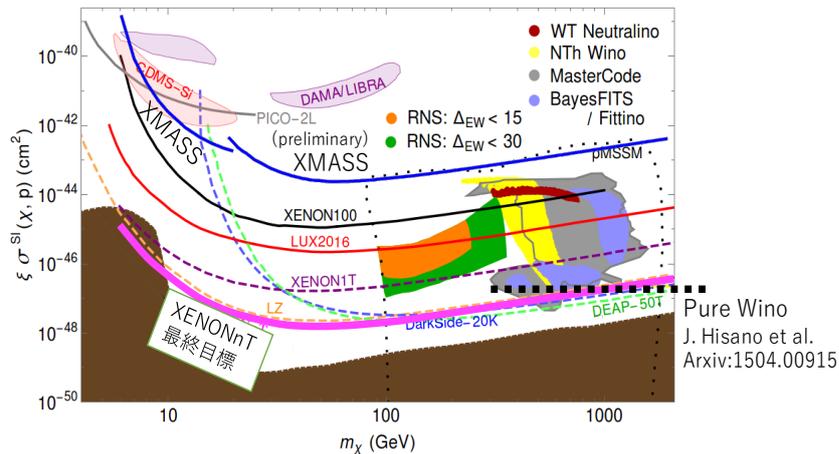


図1 XENONnT実験が目標とする最終探索感度(太実線)や計画中の実験の感度(90% C.L.)。囲われた領域や太い点線(Pure Wino)は超対称理論の予言する領域。下部の領域は、ニュートリノに起因するバックグラウンドのため、探索が困難になる領域を示す。XENON1Tは、本研究の前身の実験装置から得られた制限を示す。H. Baer et al, Phys. Rev. D 94, 115019 (2016)の図に追加・修正。

3. 研究の方法

(1) 大型検出器を用いたダークマターの直接探索

本研究においては、極めて小さい断面積を持つ DM を探索するために、これまでにない全体で 8 トンもの質量を持つ液体キセノンを利用する。既存の大型実験である申請者らが遂行してきた XMASS 実験(約 1 トン)や、XENONnT の前身の XENON1T(2 トン)を大幅に上回り、独自性が高い。本研究では XENONnT 実験装置の建設・運転・データ解析を行い、ダークマター発見を目指す。

(2) 液体キセノンの純化による感度向上

直接探索実験の目標感度到達のためには、本研究による液体キセノンの純化による感度向上が重要となる。液体キセノン検出器においては、相互作用によるイオン化で自由電子が生じ、励起原子に伴うシンチレーション光も生じる。2相型検出器ではこれらを利用し、図2のようにシンチレーション光 S1 と、印加された電場で自由電子をドリフトさせ、気体部分に取り出し比例蛍光 S2 を得ることができる。この際、S1, S2 共に十分な強度の信号を得るのが重要であるが、液体キセノン中の電気陰性度の高い不純物(酸素など)によって、ドリフトされる電子が捕獲されて十分な強度の S2 が得られない場合がある。XENONnT の前身の XENON1T では、1m をドリフトさせる必要がある一方、最初の探索時の最良時でも 0.8m 程度進むと $1/e$ になる高い不純物濃度であった。この理由は、液体をガス化したあとゲッターと呼ばれるフィルターを通過させ取り除くため、並列化度やスピードに限界があるからだ。しかし XENONnT では、キセノンの量が数倍に増え、これまでの方法を単純に延長するだけでは所定の性能が出るまで長い時間がかかる。本研究の新たな試み(独創性)は、ガスキセノンと

液体キセノンではその体積比が 500:1 ほどになることに注目し、液体から直接酸素等の電気陰性度の高い不純物を低減するフィルター(銅の酸化現象を利用する原理等)の評価・製作を行い、格段に純化のスピードを上げる点である。コロンビア大学のメンバーと共同研究し純化装置の導入に寄与を果たし、連携研究者とともに純度モニターも導入する。

もう一つの重要な不純物は放射性ラドンガスである。XENONnT ではラドン低減のため、蒸留技術を用いた方法が提案され、装置の建設が進められている。目標は $1\mu\text{Bq/kg}$ と低いレベルであるため、上記の電気陰性度の高い不純物を低減するフィルターが余計なラドンを放出することは避けなければならない。本研究は当初ラドンを低減するフィルターの開発を検討したが、それにかわり、電気陰性度の高い不純物を低減する、ラドン放出の少ないフィルターの開発を中心に据えた。

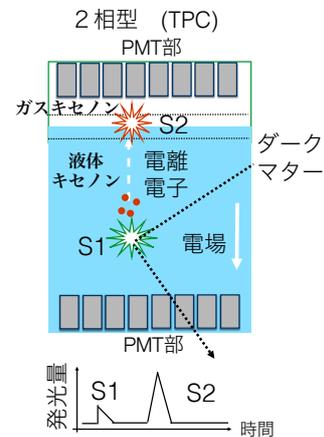


図 2 XENONnT (2相型検出器)の動作原理。イオン化で発生した電子をドリフトさせるため、電子をキャプチャーするような電気陰性度の高い不純物の低減が必要。

図3には、本研究で導入する装置群を示す。このように本 XENONnT 実験の遂行には、申請者のこれまでの知見と技術に基づき本研究で開発する純化システムを導入し、検出器運転が開始されれば実験開始後すぐさま高い感度を実現し、バックグラウンドを抑制することを目標とした。

(3) **ダークマター直接探索と XENONnT で切り拓く独創的研究**

我々は、XENONnT を用いて、超対称理論以外の理論で予言される粒子についても高感度で探索を計画している。DM の性質は質量を含めて殆ど分かっておらず、様々な種類の DM を探索し検証することが重要である。

世界中で具体的手法が様々検討されているが、申請者は本研究とも共通する XMASS 実験のような検出器の利点（大きな標的、低いバックグラウンド、低いエネルギー敷居値）を利用して、様々な種類の DM やスピン相互作用によって原子核の励起を伴うモードや季節変動による探索も遂行してきた。図4には感度の一例を示す。本研究で使用する2相型液体キセノン検出器（図2）では、軽いDMや、電子と相互作用する種類のDMによって、単一電子がイオン化される現象についても高感度で探索できる。これはDM探索の領域を広げる重要な方法だが、電離電子の信号がエネルギー閾値、分解能が鍵を握るため、本研究の目指す液体キセノンの純度向上が要となる。XMASS 実験ではDM探索だけにとどまらず、太陽(Kaluza Klein 模型を含む)アクシオンや、 ^{124}Xe の2重電子捕獲稀崩壊探索に観測対象を広げることに成功した。XENON 実験では低エネルギーpp 太陽ニュートリノの実時間観測もラドン低減によって可能となる。申請者の属する XMASS 実験グループの持つこのような多様な DM やサイエンス開拓への興味と実績は、本研究を推進する XENON グループに多大なる影響を与えてきており、XENONnT 実験でも魅力的で独創的な研究に挑戦し、切り拓いてゆきたい。

実際に本研究を開始した後の2020年6月には、XENON1T 実験において太陽アクシオンの信号と考えることのできる電子反跳現象の超過が観測された。これは予想外の研究の進展であり、本研究組織の過去の研究の発展と考えられる。XENONnT 実験での検証も俟たれており、宇宙素粒子物理学分野で注目を浴びている。

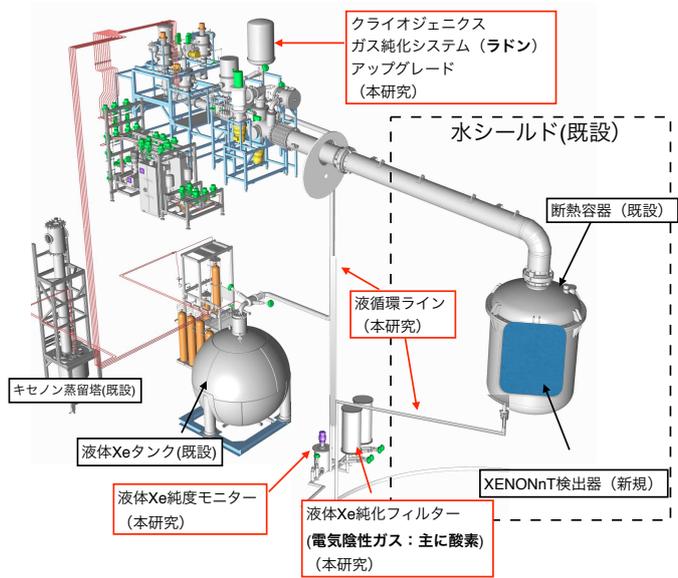


図3 既設設備と本研究による新規導入の範囲

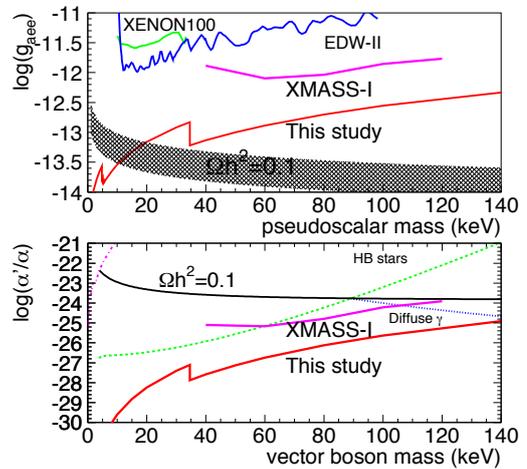


図4 Bosonic SuperWIMPsと呼ばれる、電子にエネルギーを付与する種類のダークマターの探索感度（上：擬スカラー。下：ベクトル）。

4. 研究成果

本研究の大きな研究成果は以下の3つである。

- (1) 研究期間後にデータを集積することで $1.6 \times 10^{-48} \text{cm}^2$ に至る感度を実現する基礎を確立した。
- (2) XENON1T のデータ解析において、電子反跳事象を世界最高の感度で探索を行うことができた。その結果超過が観測され、宇宙素粒子物理の分野で大きな反響を得た。
- (3) XENONnT で観測を開始し、初期の結果を得ることができるデータの収集を行うことができた。今後より感度の高い暗黒物質探索に加え、電子反跳現象の超過に対する検証が可能となった。

(1)は主として本研究で推進した液体キセノンの純化の成功によるものである。XENONnT においては、キセノンと暗黒物質等の未発見粒子の相互作用を観測する際、電離された電子を電場によって移動させ、電極まで運ぶ必要がある。その途中で電子を捕獲するような不純物(以下Aと表記)があると信号が弱まるため、これまでより除去する必要があった。困難な点は、不純物Aである水分や酸素が装置内部表面から放出されるため、それを上回るスピードで純化せざるを得ない点である。また、良いフィルタがあったとしても、放射性ラドンガス(Bと表記)を放出すると暗黒物質探索のノイズになるため、低く抑える必要がある。

これらを実現するため、まずに、これまで液体キセノンをガス化して純化し、再度液化する方法を見直した。つまり液体のまま純化する装置を用意した。これで同じ体積を純化しても500倍効率の良い純化が行えるようになった。さらに2種類のフィルタを用意し、特性に応じて使い分ける工夫を行った。1つ目は、大量のAを吸着できる一方、Bを大量に放出する性質のあるフィルタ。2つ目は、Aの吸着量は少ないが、Bを殆ど出さないフィルタである。Bであるラドンは3.8日の半減期で崩壊してしまうことに注目することで、最初に1つ目のフィルタで一気にAを低減し、2つ目のフィルタに交代し、Bも含めて2種類の不純物を同時に低減することに成功した。Aの不純物量は、液体キセノン中の電子寿命で表現できるが、目標3ミリ秒に対しおよそ13.5ミリ秒を達成し、これまでより20倍改善した。Bの量も、目標1マイクロBq/kgに対しおよそ1.7マイクロBq/kgを達成し、さらに目標を達成できる目処も立っている。これらによりXENONnT 実験による感度を実現できる液体キセノンの純度を達成できたと言える。

これらのフィルタの研究開発の経緯については、共同研究者らによって論文として雑誌に投稿された(<https://doi.org/10.48550/arXiv.2205.07336>)。

また、それらのフィルタを用いて XENONnT 検出器の液体キセノンを実際に純化し世界最高の純度を得た状況については、博士論文に詳細が記述されている。以下を参照されたい。

[https://www-sk.icrr.u-](https://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/assets/paper/list/pdf/dthesis/2021/dron_final_submission_nkato.pdf)

[tokyo.ac.jp/assets/paper/list/pdf/dthesis/2021/dron_final_submission_nkato.pdf](https://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/assets/paper/list/pdf/dthesis/2021/dron_final_submission_nkato.pdf)

これらの研究とは別に、(2) XENON1T における電子反跳現象のデータ解析も進められた。図5は、XENON1T で観測された電子反跳事象に超過が見られたデータと、その期待値、さらに太陽から降り注ぐアクシオンの寄与が合った場合の期待値(赤)を示している。太陽アクシオンの寄与と解釈した場合の統計的有意度は 3.4σ であった。データ解析の後にこれらがトリチウムである可能性も示唆され、その場合は 3.2σ の統計的有意度であることもわかった。アクシオンとして解釈したほうがスペクトルの合いがわずかに良いことを意味している。この結果に対して現在420本の論文引用がなされる反響を得た。

(3)液体キセノンの純化も成功し、これまで順調に初期データを取得することができた。これも本研究期間内に達成できた大きな成果である。現在そのデータ解析を進めながらより長く質の良いデータ収集を続けている。まさに開始した XENONnT のデータはラドン由来の電子反跳現象のノイズが低く抑えられており、かつキセノンの量も数倍あり、世界最高感度で暗黒物質探索が可能である。もちろん XENON1T で見られた電子反跳事象の検証が可能である。結果が出次第公表する予定である。

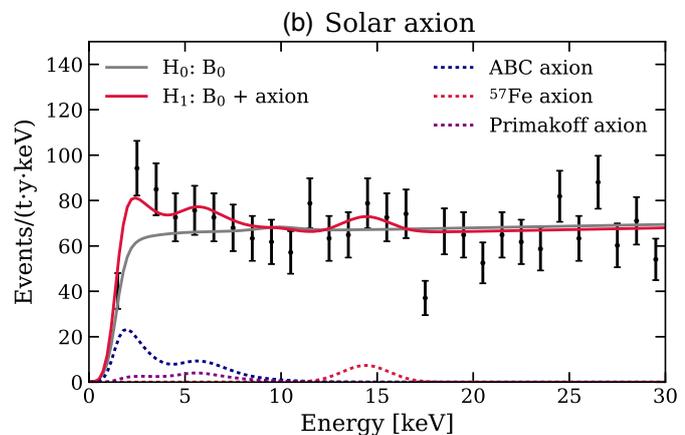


図5 XENON1Tの電子反跳現象のエネルギースペクトル(黒点)と期待値(灰色線)。赤線は期待値に加え太陽アクシオンが存在した場合データを最も良く説明する寄与。信号がない場合に比べ 3.4σ の有意度を持つ。

E. Aprile et al., Phys. Rev. D 102, 072004 (2020)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 6件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 E. Aprile et al.	4. 巻 102
2. 論文標題 Excess electronic recoil events in XENON1T	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	6. 最初と最後の頁 72004
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevD.102.072004	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 E. Aprile et al.	4. 巻 11
2. 論文標題 Projected WIMP Sensitivity of the XENONnT Dark Matter Experiment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JCAP	6. 最初と最後の頁 31
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1475-7516/2020/11/031	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. Aprile et al.	4. 巻 126
2. 論文標題 Search for Coherent Elastic Scattering of Solar B-8 neutrinos in the XENON1T Dark Matter Experiment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 91301
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevLett.126.091301	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 E. Aprile et al.	4. 巻 103
2. 論文標題 Search for inelastic scattering of WIMP dark matter in XENON1T	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	6. 最初と最後の頁 63028
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevD.103.063028	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 E. Aprile et al.	4. 巻 81
2. 論文標題 Rn-222 emanation measurements for the XENON1T experiment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Eur. Phys. J. C	6. 最初と最後の頁 337
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-020-08777-z	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 V. C. Antochi et al.	4. 巻 16
2. 論文標題 Improved quality tests of R11410-21 photomultiplier tubes for the XENONnT experiment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 JINST	6. 最初と最後の頁 P08033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/16/08/P08033	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 Aprile E.他	4. 巻 80
2. 論文標題 Energy resolution and linearity of XENON1T in the MeV energy range	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 785
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-020-8284-0	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 -

〔学会発表〕 計21件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 風間慎吾
2. 発表標題 XENON1T実験の準備状況
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会 名古屋大学東山キャンパス
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤伸行
2. 発表標題 XENONnT実験における液体キセノン純化システムの観測に向けた状況の報告
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会 名古屋大学東山キャンパス
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kai Martens
2. 発表標題 XENON/XMASS報告
3. 学会等名 新学術領域「地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化 第七回極低放射能技術」研究会, オンライン開催
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山下雅樹
2. 発表標題 XENON実験: 二相型キセノンTPCを用いた暗黒物直接質探索実験とその状況報告
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤伸行
2. 発表標題 XENON実験でのキセノン純化モデル
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 風間慎吾
2. 発表標題 XENON1T実験における暗黒物質探索の最新結果
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下雅樹
2. 発表標題 XENON1T Electronic Recoil Events excess: New Physics or Background?
3. 学会等名 Kamioka_Webinar (zoom) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 風間慎吾
2. 発表標題 Observation of Excess Electronic Recoil Events in XENON1T
3. 学会等名 京都大学基礎物理学研究所 素粒子物理学の進展2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 風間慎吾
2. 発表標題 Observation of Excess Electronic Recoil Events in XENON1T
3. 学会等名 ダークマター懇談会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 風間慎吾
2. 発表標題 Observation of Excess Electronic Recoil Events in XENON1T
3. 学会等名 暗黒物質解明のための分野横断セミナー, 名古屋大学 素粒子宇宙起源研究所
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 風間慎吾
2. 発表標題 Observation of Excess Electronic Recoil Events in XENON1T
3. 学会等名 オンラインセミナー, 東京大学 素粒子物理国際研究センター (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下雅樹
2. 発表標題 Observation_of Excess Electronic Recoil Events in XENON1T
3. 学会等名 RIKEN_iTHEMS_Webinar (zoom) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤伸行 他XENON Collaboration
2. 発表標題 XENONnT実験のための液体キセノン純化システムのコミッションング
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 風間慎吾 他XENON Collaboration
2. 発表標題 XENON1T実験における低質量暗黒物質の探索
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤伸行 他XENONコラボレーション
2. 発表標題 XENONnT実験における液体キセノン純化システムの観測に向けた状況の報告
3. 学会等名 日本物理学会2020年年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤伸行
2. 発表標題 XENONnT実験のための液体キセノン純度モニターの開発
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下雅樹
2. 発表標題 XENONnT 大型二相型キセノン検出器 による暗黒物質探索
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤伸行
2. 発表標題 XENONnT実験の液体キセノン純化
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森山茂栄
2. 発表標題 XENONnT and purity monitor
3. 学会等名 TPC active media workshop
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shigetaka Moriyama
2. 発表標題 Direct Dark Matter Search with XENONnT
3. 学会等名 International Symposium on "Revealing the history of the universe with underground particle and nuclear research 2019" (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤伸行
2. 発表標題 XENONnT実験のための液体キセノン純化システムのコミッションング
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

XENON実験 東大グループ https://sites.google.com/view/xenon-ut/ XENONnT https://www.ipmu.jp/en/research-activities/research-program/XENONnT XENON facebook https://www.facebook.com/XENONexperiment XENON twitter https://twitter.com/XENONexperiment
--

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	伊藤 好孝 (Itow Yoshitaka) (50272521)	名古屋大学・宇宙地球環境研究所・教授 (13901)	
研究分担者	山下 雅樹 (Yamashita Masaki) (10504574)	東京大学・宇宙線研究所・特任准教授 (12601)	

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			
米国	コロンビア大学	ライス大学	シカゴ大学	他4機関
ドイツ	ミュンスター大学	マックスプランク・ハイデルベルグ	マインツ大学	他2機関
イタリア	ボローニャ大学	ラクイラ大学	ナポリ大学	他2機関
スイス	チューリッヒ大学			
ポルトガル	コインブラ大学			