

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H00675

研究課題名(和文)水チェレンコフ中性子検出器によるXENONnT実験での暗黒物質直接探索の高感度化

研究課題名(英文)Enhancing the direct search for dark matter in the XENON nT experiment with a water Cherenkov neutron detector

研究代表者

MARTENS Kai (Martens, Kai)

東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・准教授

研究者番号：20535025

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,690,000円

研究成果の概要(和文)：中性子は暗黒物質粒子の検出を模倣することができるため、XENONnTのような暗黒物質検出器には中性子拒否(NV)が必要である。
この助成金の下で、私たちはもともとスーパーカミオカンデのために神岡で開発されたEGADSガドリニウム水チェレンコフ技術に基づく新しいNV技術を開発し、実装しました。
私たちはこの新しいNVをXENONnT暗黒物質実験に設置し、試運転に成功しました。このNVは、現世代の液体キセノン暗黒物質実験でこれまでに発表された唯一のブラインド暗黒物質分析に貢献しました。この実験では、現世代の液体キセノン暗黒物質実験がこれまでに発表した唯一のブラインド暗黒物質解析が行われた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

While our new technology greatly reduces the environmental risk from a neutron veto leak alone, the scientific reach of the whole detector is the same. And finding dark matter particles will surely change our understanding of the universe and the role matter plays in it.

研究成果の概要(英文)：Neutrons can mimic dark matter particle detection, which is why dark matter detectors like XENONnT need a neutron veto (NV). Under this grant we developed and implemented a new NV technology based on the EGADS gadolinium water Cherenkov technology originally developed at Kamioka for Super-Kamiokande.
We successfully installed and commissioned this new NV at the XENONnT dark matter experiment, where it informed the only blind dark matter analysis published so far by the current generation of liquid xenon dark matter experiments: It is producing science output already at this early stage.

研究分野：Dark Matter Direct Detection

キーワード：neutron veto dark matter water Cherenkov gadolinium sulfate

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

宇宙の暗黒物質の正体を解明するために、XENON コラボレーションは、液体キセノン(LXe)を検出器として用いて暗黒物質直接探索実験をリードしてきました。大成功を収めた XENON1T 実験のアップグレードとして計画された XENONnT 実験では、未探索領域の探索を進め、暗黒物質の発見を目指します。XENONnT 実験は、約 4 トンの有効質量をもつ LXe 検出器をイタリアのグランサッソ研究所(LNGS)の地下実験室ホールBの700トンの水遮蔽の中に設置し、20トン×年の観測を予定しています。

XENON1T から XENONnT へのアップグレード追加される重要な装置の1つに、高効率の中性子反同時計測装置(nVETO 検出器)があります。nVETO 検出器には、20トン×年の観測を行った際に深刻なバックグラウンドになる LXe ターゲット中での中性子の単一散乱を十分に低減することが可能であることが要求されます。2017年後半に日本グループが実験に参加した時点では、XENON グループでは、アクリル容器を用いた従来の液体シンチレータベースの nVETO を用いる計画でした。他実験で液体シンチレータが地下水に流出した過去の経緯から、LNGS で液体シンチレータを使用するためには安全面で乗り越えるべき様々な障壁があり、予定通りに実験が開始できない可能性が高まっておりました。こうした状況下で、我々の日本のグループは、硫酸ガドリニウムをスーパーカミオカンデ検出器に導入するために開発された EGADS の技術の応用として、液体シンチレータでなく、水を用いる手法を提案しました。その結果、この計画は 2018年8月に LNGS によって承認されました。そして、nVETO 検出器の建設と運転を行い、XENONnT 実験による暗黒物質の発見を目指すという本研究の提案につながりました。

2. 研究の目的

中性子遮蔽と中性子事象のタグ付け（中性子反同時計測）は LXe 出器だけでなく、暗黒物質直接探索にとって極めて重要な技術です。本研究は従来と異なる水にガドリニウムを溶かした nVETO 検出器の設計・建設を行い、その性能評価と較正手法を確立することを目的としました。具体的な研究内容は以下の2点です。

- XENONnT 検出器に中性子を高効率で検出する nVETO 検出器を導入する。nVETO は LXe で散乱した中性子を高効率で検出するため、LXe になるべく近い領域に設置する必要があります。このため、nVETO 検出器は極めて低放射能な材料で構成されている必要があります。
- 導入した nVETO 検出器の中性子検出性能評価とそれを実験期間中、定期的に確認する手法を確立する必要があります。特に、nVETO システム内部の水の透過率と内壁の光学的性質を常時高精度にモニターすることが重要となります。

これらにより、XENONnT 実験による暗黒物質特に暗黒物質直接探索の感度を可能な限り向上させることを目標とします。nVETO 検出器の性能と、その性能の評価精度は XENONnT での探索の感度に直結します。

3. 研究の方法

XENONnT に高効率の nVETO システムを導入するためには、スーパーカミオカンデの硫酸ガドリニウム水技術を XENONnT の極低放射能環境と限られた地下スペースの制約に適応させる必要がありました。そのために、オリジナルの EGADS ろ過スキームとチェレンコフ光子計数スキームの両方を、神岡で行われていた方法から変更する必要がありました。以下に記す通り、どちらの変更も成功裏に完了しました。

1. 水チェレンコフ検出器においてチェレンコフ光を検出する光電子増倍管 (PMT) には、放射性不純物を含む材料が含まれます。このため、nVETO 検出器で使用する PMT の数を制限する必要がありました。我々は、水中に設置される nVETO 検出器を、高反射率の特性を持つ ePTFE という材料を反射材として囲むことで、中性子の反応で発生する光子を高効率で反射させ、PMT 数を低減することとしました。
2. EGADS システムとは異なり、XENONnT ガドリニウム水 (以下、Gd-水) 浄化システムは逆浸透膜ユニットなしで構築することとしました。XENONnT では、逆浸透膜は、浄化システムを通る再循環が始まる前に、初めて遮水板に水を充填するときのみ使用されます。

中性子タグ付け効率を最適化するために、ePTFE 製反射材でどのように囲うか正確な形状とサイズを、モンテカルロシミュレーションによって決定しました。その結果、nVETO 検出器は ePTFE で構成される 8 角形の内壁に 120 個の 8 インチ PMT が設置される形状と決定しました。nVETO 検出器のデータ収集システムの詳細な仕様もモンテカルロシミュレーションによって決定しました。

nVETO 検出器の内壁の反射率のモニタのために、神戸大学グループが中心となってレーザーを用いたシステムを開発しました。このモニタシステムは、超短レーザーパルスを通じた光ファイバーを通じて nVETO システム中に照射するものです。設置された 4 本のファイバーは光スイッチで選択可能とし、別の方向に向けて設置された 4 つのファイバーすべてから毎週定期的に校正を行うことで、nVETO システムの水の透過率及び内壁の反射率のモニタが可能となりました。

レーザーによるモニタシステムと相補的な手法として、nVETO 検出器から抽出された水試料の紫外波長領域の分光吸収測定手法も確立しました。このために、我々は 2 台の同じ UV-vis 分光光度計を購入しました。1 台は LNGS に設置、nVETO から直接抽出した水試料を定期的に測定しています。もう 1 台は神岡にあり、測定手順を検討・改善するために使用しています。神岡での測定によって、特定の金属イオンが nVETO 検出器で観測する波長領域の光に与える影響も確認され、LNGS での測定にフィードバックをかけました。

Gd-水純化システムでトラブルが発生したり、Gd 濃度が変化したりした場合に、水圧とともに最も重要な指標となる比抵抗計の性能を適切に維持するために、センサー用に購入した校正器で時々チェックしております。

nVETO 検出器は水槽の中に LXe 容器を囲むように設置され、その外部にはミュオン検出器が存在します。また、nVETO 検出器の内壁は高い反射率を持つことが必要とされています。こうした光学的な設計をモンテカルロシミュレーションによって行いました。水分子中の水素を捕獲した際に生じる微弱な光についても十分な中性子ベト効率が得られる PMT の必要数や配置、ePTFE シートのレイアウトの形状を決定しました。

様々な高反射率の純水適合シート材料の反射率測定が PMT の感度で定義されるスペクトル領域で行われ、中性子ベト水中の中性子捕獲ガンマ線検出によるチェレンコフ放射が神岡の専用セットアップで行われた。硫酸ガドリニウムを溶かした水と材料の長期適合性試験とともに、これらの試験により、十分な厚さの ePTFE シートが、中性子ベトを周囲のミュオンベトから光学的に分離し、中性子ベト内の光子信号をサンプリングする 120 個の PMT だけで中性子ベト内の中性子捕獲の目標感度を達成するために必要なチェレンコフ光に対する 99% の反射率を提供する最良の選択であることが確認されました。

nVETO 検出器内の様々な位置で AmBe 中性子線源を用いた構成を行いました。これにより、nVETO 検出器内、特に重要となる LXe 容器近傍での中性子検出効率を直接検証する手法を確立することができました。この手法を用いて、暗黒物質観測期間中の中性子検出効率が定期的にモニターされています。

4. 研究成果

本研究は 1) スーパーカミオカンデへの硫酸ガドリニウム溶解への基礎研究 (EGADS) に基づく ePTFE 製反射材を用いた革新的な光学設計と、2) EGADS の Gd-水システムを基にして XENONnT の実験エリアに適合するようにしたシステム設計によって、nVETO は XENONnT 検出器に導入され、暗黒物質実験を遂行することができました。XENONnT 検出器の技術論文が投稿間近、また、予定量の 10% の Gd を溶解した nVETO が期待される性能に達したことを示す論文も準備中です。現在、LXe 検出器の改修が予定されており、その際に溶解済の硫酸ガドリニウムをすべて廃棄せねばならないため、予定量の Gd 溶解は、検出器内部の電極が改修された後に予定しております。

我々は ePTFE が十分な反射効率を持つことを確認した上で、nVETO を純水で動作させることで XENONnT 検出器として最初の暗黒物質探索実験を行いました。この観測では、ガドリニウムではなく水素で中性子を捕獲するため、中性子タグ付け効率はガドリニウム溶解時に期待される値よりも低い 53% と測定されました。この観測では、ガドリニウムではなく水素で中性子を捕獲するため、捕獲の確率が低く長い反同時間幅が必要とされましたが、それによって失われる観測時間は問題にはなりませんでした。この結果は Physical Review Letters 誌に掲載されました。その後、行った予定量の 10% で行った測定結果とモンテカルロシミュレーションを合わせて、予定量の硫酸ガドリニウムを溶解することで、85% の中性子タグ付け効率を達成できることを確認しました。

nVETO の重要性は、暗黒物質探索検出器の高感度化に伴いますますます大きくなっていくと考えられています。私たちが本科研費で製作し特性評価を行った nVETO は、XENONnT による暗黒物質の発見に向けてのキーデバイスとなりました。本研究で用いられた Gd 水技術は、EGADS とスーパーカミオカンデのメンバーによって開発されました。本研究では極低バックグラウンドが必要な XENONnT 実験に応用され、ニュートリノ実験だけでなく暗黒物質直接探索にも欠かせぬ技術となりました。この技術は大型化が容易であるため将来計画を含めた多くの画期的な結果をもたらすことになるかと確信しています。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件／うち国際共著 16件／うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Aprile E. et al.	4. 巻 053H01
2. 論文標題 Application and modeling of an online distillation method to reduce krypton and argon in XENON1T	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/ptep/ptac074	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. et al. XENON Collaboration	4. 巻 106
2. 論文標題 Emission of single and few electrons in XENON1T and limits on light dark matter	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevD.106.022001	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. et al. XENON Collaboration	4. 巻 82
2. 論文標題 Material radiopurity control in the XENONnT experiment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 1-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1140/epjc/s10052-022-10345-6	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. et al. XENON Collaboration	4. 巻 106
2. 論文標題 Double-weak decays of Xe124 and Xe136 in the XENON1T and XENONnT experiments	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevC.106.024328	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. et al. XENON Collaboration	4. 巻 129
2. 論文標題 Search for New Physics in Electronic Recoil Data from XENONnT	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.129.161805	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. et al., XENON Collaboration	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 -
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 該当する

1. 著者名 Aprile E. et al., XENON Collaboration	4. 巻 102
2. 論文標題 Excess electronic recoil events in XENON1T	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.102.072004	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 Aprile E. et al., XENON Collaboration	4. 巻 2020
2. 論文標題 Projected WIMP sensitivity of the XENONnT dark matter experiment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 1~31
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 Aprile E. et al., XENON Collaboration	4. 巻 126
2. 論文標題 Search for Coherent Elastic Scattering of Solar B8 Neutrinos in the XENON1T Dark Matter Experiment	5. 発行年 2021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.126.091301	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 Aprile E. et al., XENON Collaboration	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 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.103.063028	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 Tanaka M et al. (The Super-Kamiokande Collaboration)	4. 巻 101
2. 論文標題 Search for proton decay into three charged leptons in 0.37 megaton-years exposure of the Super-Kamiokande	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.052011	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 Abbasi R U et al. (Telescope Array Collaboration)	4. 巻 492
2. 論文標題 Search for point sources of ultra-high-energy photons with the Telescope Array surface detector	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 3984 ~ 3993
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz3618	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 Hagiwara K. et al. (The Super-Kamiokande Collaboration)	4. 巻 887
2. 論文標題 Search for Astronomical Neutrinos from Blazar TXS 0506+056 in Super-Kamiokande	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab5863	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 Simpson C. et al. (The Super-Kamiokande Collaboration)	4. 巻 885
2. 論文標題 Sensitivity of Super-Kamiokande with Gadolinium to Low Energy Antineutrinos from Pre-supernova Emission	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 1~14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab4883	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 Jiang M. et al.	4. 巻 2019
2. 論文標題 Atmospheric neutrino oscillation analysis with improved event reconstruction in Super-Kamiokande IV	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1~39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptz015	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 Wan, L. et al. (The Super-Kamiokande Collaboration)	4. 巻 99
2. 論文標題 Measurement of the neutrino-oxygen neutral-current quasielastic cross section using atmospheric neutrinos at Super-Kamiokande	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1~11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.032005	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 Ito Asuka, Ikeda Tomonori, Miuchi Kentaro, Soda Jiro	4. 巻 80
2. 論文標題 Probing GHz gravitational waves with graviton-magnon resonance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 1 ~ 5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-020-7735-y	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 Ito H., Hashimoto T., Miuchi K., Kobayashi K., Takeuchi Y., Nakamura K.D., Ikeda T., Ishiura H.	4. 巻 953
2. 論文標題 Development of an alpha-particle imaging detector based on a low radioactivity micro-time-projection chamber	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 163050 ~ 163050
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2019.163050	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 Miuchi Kentaro, Ikeda Tomonori, Ishiura Hirohisa, Nakamura Kiseki D, Takada Atsushi, Homma Yasuhiro, Abe Ko, Ichimura Koichi, Ito Hiroshi, Kobayashi Kazuyoshi, Nakamura Takuma, Ueno Ryuichi, Shimada Takuya, Hashimoto Takashi, Yakabe Ryota, Ochi Atsuhiko	4. 巻 2019
2. 論文標題 Development of a time projection chamber with a sheet-resistor field cage	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptz048	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18件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Ko Abe
2. 発表標題 Status of the XENONnT experiment
3. 学会等名 International Conference on the Physics of the Two Infinities (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Khai Bui
2. 発表標題 First Results from XENONnT
3. 学会等名 TMEX 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Khai Bui
2. 発表標題 First Results from XENONnT
3. 学会等名 Kashiwa Dark Matter Symposium 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shingo Kazama
2. 発表標題 First Science Results from the XENONnT Experiment
3. 学会等名 LIDINE 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masatoshi Kobayashi
2. 発表標題 The XENONnT experiment: Recent status and updates
3. 学会等名 XeSAT 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022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 水越慧太
2. 発表標題 XENONnT実験中性子反同時計測システムの較正とシミュレーション
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 竹田敦
2. 発表標題 XENON実験:中性子veto内の放射性不純物モニター
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 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 水越 慧太
2. 発表標題 XENONnT実験のための中性子反同時計測システムの評価
3. 学会等名 「第七回極低放射能技術」研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前田 剛志
2. 発表標題 XENONnT実験における中性子反同時計測のためのレーザーを用いた光学特性直接評価
3. 学会等名 「第七回極低放射能技術」研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水越 慧太
2. 発表標題 XENONnT実験の中性子反同時計測を含めた検出器応答評価
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前田 剛志
2. 発表標題 XENONnT実験における中性子反同時計測のためのレーザーを用いた光学特性直接評価
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiraide, K.
2. 発表標題 XENONnT実験における中性子vetoカウンターの読み出しシステム
3. 学会等名 JPS 2020 Spring meeting
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiraide, K.
2. 発表標題 XENONnT実験の中性子VETOシステムにおける時間情報を用いた背景事象の除去
3. 学会等名 JPS 2019 Fall meeting
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miuchi, K.
2. 発表標題 XENONnT実験におけるシミュレーションによるnVetoシステムの評価
3. 学会等名 JPS 2019 Fall meeting
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeda, A.
2. 発表標題 XENONnT 中性子veto カウンターにおけるガドリニウム水中のRn濃度モニター
3. 学会等名 JPS 2019 Fall meeting
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Martens, K.
2. 発表標題 Japan in the XENONnT Experiment: Overview
3. 学会等名 JPS 2019 Fall meeting
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>XENON Dark Matter Project https://xenonexperiment.org/ XENONnT https://www.ipmu.jp/en/research-activities/research-program/XENONnT</p>

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	竹田 敦 (Takeda Atsushi) (40401286)	東京大学・宇宙線研究所・准教授 (12601)	
研究分担者	伊藤 好孝 (Itou Yoshitaka) (50272521)	名古屋大学・宇宙地球環境研究所・教授 (13901)	
研究分担者	身内 賢太郎 (Miuchi Kentaro) (80362440)	神戸大学・理学研究科・准教授 (14501)	

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 分 担 者	平出 克樹 (Hiraide Katsuki) (10584261)	東京大学・宇宙線研究所・特任助教 (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			
イタリア	Laboratori Nazionali del Gran Sasso	Bologna University	University of Naples	他2機関
ドイツ	University of Mainz	MPIK Heidelberg	University of Muenster	他2機関
米国	Columbia University	Rice University	University of Chicago	他2機関
イスラエル	Weizmann Institute of Science			
スウェーデン	University of Stockholm			
スイス	University of Zuerich			
フランス	LPNHE Paris	Subatech		
ポルトガル	Coimbra University			
オランダ	Nikhef Amsterdam			
アラブ首長国連邦	NYU Abu Dhabi			
中国	Tsinghua University	Westlake University	CUHK Shenzhen	