

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：82118

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H00690

研究課題名(和文) J-PARCパルス中性子ビームを用いた中性子寿命測定:中性子寿命問題の解明

研究課題名(英文) Measurement of the neutron lifetime using pulsed neutron beams at J-PARC :  
Resolving the neutron lifetime puzzle

研究代表者

三島 賢二 (Mishima, Kenji)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・特別准教授

研究者番号：20392136

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,400,000円

研究成果の概要(和文)：中性子の寿命は初期宇宙での元素合成や素粒子標準理論を知る上で非常に重要なパラメーターであるが、その値は測定手法により値が9.5秒(4.6%)ずれており、その解決は喫緊の課題となっている。本研究はJ-PARCパルス中性子を用いてガス検出器で中性子崩壊電子を検出することで、既存の実験とは異なる手法によって中性子寿命の精密測定を行った。最初の実験結果として中性子寿命 $896 \pm 10$  (統計誤差) +15/-18 (系統誤差) [秒]を導出した。この精度では2つの手法のうち、どちらが正しいかを言及するには至っていない。この問題解決のため、中性子量の増強及び系統誤差の低減を行い、実験精度の向上を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

中性子は原子核を構成する核子のうちのひとつで、寿命約15分で陽子と電子に崩壊することが知られています。近年、中性子の寿命が測定の方法によりその値が異なる、ということが報告されています。その原因はまだわかっておらず、もしかすると中性子が消えてしまうような新しい物理現象ではないか、という議論もされています。我々は既存の方法とは違う方法で測定を行い、最初の実験結果を得ました。そして、実験を改良することでさらに実験の精度を上げています。今後の実験結果により、この問題が単なる実験の間違いであったのか、あるいは新しい現象なのかがわかってくると期待されます。

研究成果の概要(英文)：The neutron lifetime is a very important parameter for understanding the nucleosynthesis in the early universe or the standard model of the elementary particles. In this study, the neutron lifetime was measured by using a gas detector to detect electrons from neutron decays using pulsed neutrons at J-PARC, which is a different method from existing experiments. As the first result of this experiment, we obtained the neutron lifetime of  $896 \pm 10$  (stat.) +15/-18 (syst.) [s]. This accuracy does not allow us to mention which of the two methods is correct. To solve this problem, we enhanced the amount of neutrons and reduced the systematic uncertainties to improve the accuracy of the experiment.

研究分野：素粒子原子核物理学

キーワード：中性子寿命 中性子崩壊 ビッグバン元素合成 CKM行列

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

中性子は最も単純な原子核の一つであり、 $880.2 \pm 1.0$  秒 [1] で陽子、電子、反ニュートリノの 3 体に  $\beta$  崩壊する。その寿命は素粒子、原子核、天文分野における重要なパラメーターの一つである。2018 年 10 月時点で報告されていた中性子寿命は測定手法により 8.6 秒( $3.9\sigma$ ) と大きく乖離しており、“**中性子寿命問題 (Neutron Lifetime Puzzle)**” と呼ばれている。この乖離が単なる実験の間違いなのか、あるいは未知の現象によるものなのか大きな議論を呼んでいる[2]。

中性子寿命は初期宇宙、特にビッグバン元素合成(BBN)において重要な役割を担うことが知られている。WMAP や Planck 衛星による宇宙背景放射観測(CMB)からバリオン数密度を精密に導出することが可能になって以来、軽元素合成の存在比を正確に予言できる精密宇宙論となりつつある。この BBN 理論と天体観測結果を合わせることで、ビッグバンの 3 分後という非常に初期の宇宙の様子を探ることが可能になった。BBN 理論の計算精度は中性子寿命の決定精度が律速しており、中性子寿命の乖離は精密研究の妨げとなっている。この問題は原子炉ニュートリノ異常や小林・益川行列の  $V_{ud}$  項の決定[1]にも影響を与えており、早急な解決が望まれている。

### 2. 研究の目的

中性子の寿命は主に 2 種類の方法で測定されている。一つは中性子ビーム量と  $\beta$  崩壊によって生ずる陽子の計数を測定する Proton trap 法[3]、もう一つは超冷中性子(UCN)を容器内に閉じ込め、それが崩壊し無くなっていく時間から寿命を導出する UCN 法である[4]。測定精度は前者が 2 秒、後者は 1 秒を切る精度を出しているが、その値は 2018 年 10 月時点で 8.6 秒( $3.9\sigma$ ) と大きく食い違っていた[1]。2018 年には磁気を用いた貯蔵により貯蔵法の懸念であった容器壁面反射時の損失における系統誤差を抑える実験の結果[5]が、さらに 2021 年にはその update[6] が発表されたが、その値は過去の UCN 法の結果と無矛盾なものであり、2023 年 6 月現在では 9.5 秒( $4.6\sigma$ ) と更に乖離が広がっている [7]。それぞれの実験の系統誤差についての議論も精力的に行われているものの、現在まで乖離の原因については未解決のままである。ビーム法と貯蔵法による違いの原因として、検出器に対して不感な粒子、例えばミラー中性子への振動や暗黒粒子に崩壊する分岐が 1% あれば説明できる [8,9]。また、暗黒物質との非常に小さい運動量移行を引き起こす衝突により超冷中性子だけが容器から蹴り出されている可能性 [10] など、素粒子標準模型を超える現象も含めて真剣に議論され始めている。

このような状況を打開するために、上記実験とは別の系統誤差を持つ精度の良い実験によって確かめる必要がある。本研究では J-PARC の大強度パルス中性子を用いて既存の手法とは異なる測定方法により中性子寿命を高精度で決定することを目指すものである。実験の種類としては、2 つの測定のうち測定精度の悪いビーム法に分類される。この実験では中性子崩壊時に発生する陽子ではなく電子を観測する点に大きな差がある。

### 3. 研究の方法

この実験では検出器中の中性子  $\beta$  崩壊によって生じる電子と、正確に導入された  ${}^3\text{He}$  による  ${}^3\text{He}(n,p){}^3\text{H}$  反応の計数の比から中性子寿命を導出する。 ${}^3\text{He}(n,p){}^3\text{H}$  反応の断面積は過去の実験から精度良く求められており、その断面積は中性子の速度  $v$  に対し  $1/v$  に従う。つまり単位時間当たりの反応頻度は、中性子  $\beta$  崩壊と同じく速度に依存せず一定となる。よって  ${}^3\text{He}(n,p){}^3\text{H}$  反応の計数と中性子  $\beta$  崩壊の計数を比較することにより、中性子速度に依存せず中性子寿命を導出することが可能である。

実験セットアップの概略図を図1に示す。中性子はスピフリップチョッパー(SFC)という装置を用いて400 mm程度のバンチに整形したのち、ビーム軸長さ長さ1 mのTime Projection Chamber (TPC)を用い反応を検出する。飛行時間法を用いTPC検出領域内にバンチのある時間のみを選択することにより、検出器領域の不確かさをなくすと同時に中性子窓やビームキャッチャーからのバックグラウンドを分別する。検出効率 $\epsilon$ は $\beta$ 崩壊電子に対して99.9%以上が期待されている。動作ガスには中性子散乱断面積の小さいHeとCO<sub>2</sub>を混合したものを用いる。中性子量導出のためTPCを格納している真空容器に、分圧にして100 mPa程度の<sup>3</sup>Heを正確に導入する。

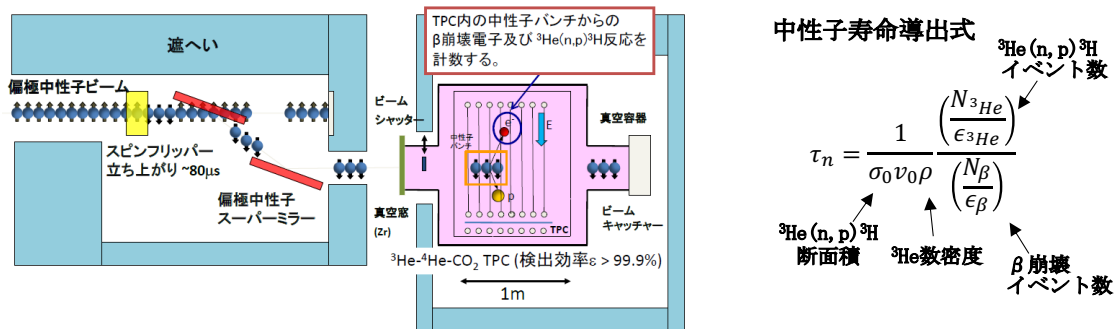


図1. 実験セットアップ概略図(左)と中性子寿命導出式(右)

#### 4. 研究成果

本研究で得られた成果を以下に述べる。

##### (1) 本実験の最初の結果を導出

本実験は J-PARC 大強度パルス中性子実験施設の基礎物理ビームライン BL05(NOP)にて行なわれた。取得したデータのうち、2016年までのデータ解析を完了し、2020年に本実験の最初の結果として中性子寿命 $\tau_n = 896 \pm 10$ (統計誤差) $_{-18}^{+15}$ (系統誤差)[秒]を論文に発表した [11]。この結果は Proton trap 法および UCN 法の双方と無矛盾な結果となった(図2)。ここで得られた最初の結果は Proton trap 法、UCN 法の双方と無矛盾な結果であり、中性子寿命問題の解決には、ここから更に精度を上げていく必要がある。

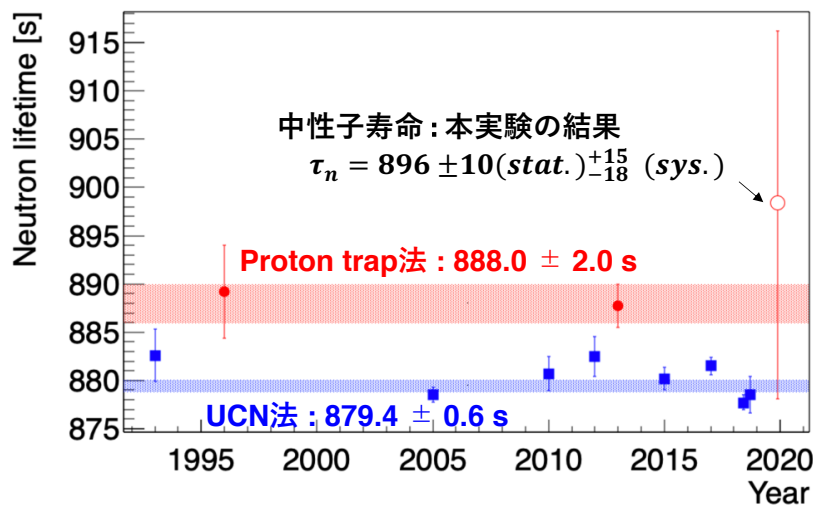


図2. Proton trap 法(赤)と UCN 法(青)で過去取得された中性子寿命。本研究で得られた値は白抜きで表示してある。

## (2) $^3\text{He}$ 数密度同定の精密化

TPC 内部の  $^3\text{He}$  数密度は中性子寿命の値に直結するため、精度よく測定する必要がある。 $^3\text{He}$  の総数密度  $\rho$  は

$$\rho = \rho_{\text{inject}} + \rho_{\text{workgas}}$$

の 2 成分の和で表させる。このうち、 $\rho_{\text{inject}}$  は TPC に導入する  $^3\text{He}$  量、 $\rho_{\text{workgas}}$  は動作ガスとして使用する He に含まれる  $^3\text{He}$  量であり、約 10 mPa に相当する。TPC に 100 mPa の  $^3\text{He}$  を導出する際はまず、小さな参照容器に数 kPa の比較的高い圧力で  $^3\text{He}$  を導入し、それを TPC 格納容器に拡散する。真空容器と参照容器の体積比を事前に測定しておくことで、導入した  $^3\text{He}$  分圧が求まる。体積比を求める際、圧力計のダイナミックレンジのため複数回の測定を行っており、その影響で 0.3% 程度の不確かさがあった。広いダイナミックレンジを持つ新型圧力計を導入し、さらに参照容器の容量を最適化したことにより  $\rho_{\text{inject}}$  の精度は 0.1% に改善した [12]。

従来の方である質量分析法による  $\rho_{\text{workgas}}$  の測定精度は 1~2% であった。そこで、 $\text{N}_2$  ガスを動作ガス中に追加し、 $^{14}\text{N}(\text{n,p})^{14}\text{C}$  反応と  $^3\text{He}(\text{n,p})^3\text{H}$  反応数を比較することで  $^3\text{He}$  の数密度を導出する新たな手法を開発した。 $^{14}\text{N}(\text{n,p})^{14}\text{C}$  反応断面積はこれまでの測定では 5% 程度の不確かさが存在したが、我々はその断面積を 0.4% という精度で精密に測定したことで、この比較を可能にした [13]。最終的に実験で用いる  $^3\text{He}$  数密度を 0.16% で決定することができるようになった。

## (3) TPC の低ガス圧運転

現時点での実験の精度は系統誤差で律速している最も主要な成分は、TPC 動作ガスでの中性子散乱に起因するバックグラウンド(BG)である。高精度の中性子寿命測定のためには低減が重要なテーマである。TPC 動作ガスでの散乱中性子は、そのガス圧に比例するため、圧力を下げることでその量を低減できる。動作ガス圧力の低減は放電の問題を引き起こすが、その対策により 1 週間程度の安定動作に成功し、ガスの圧力をこれまでの 100 kPa から 50 kPa に低減することに成功した。ガス圧の低減による BG の低減も確認された。

## (4) SFC 大型化による高統計測定

TPC に輸送される中性子量はその上流の SFC の口径で律速していた。統計量の増強のため、2021 年に SFC の構成要素である磁気ミラー及びスピフリップパーの大型化を行った。図 3 に大型化した SFC の写真および TPC で取得した規格化後の  $^3\text{He}(\text{n,p})^3\text{H}$  イベント数の TOF スペクトルを示す。バンチ化後のイベント数は 3.0 倍に増加した [14]。

2021 年から、この大口径 SFC を用いた物理データの取得を開始した。2023 年 6 月現在でガス圧 100 kPa と 50 kPa をあわせて統計精度 1.5 秒に相当するデータを取得した。データは現在解析中であり、系統誤差の評価を終えた後、論文化する予定である。

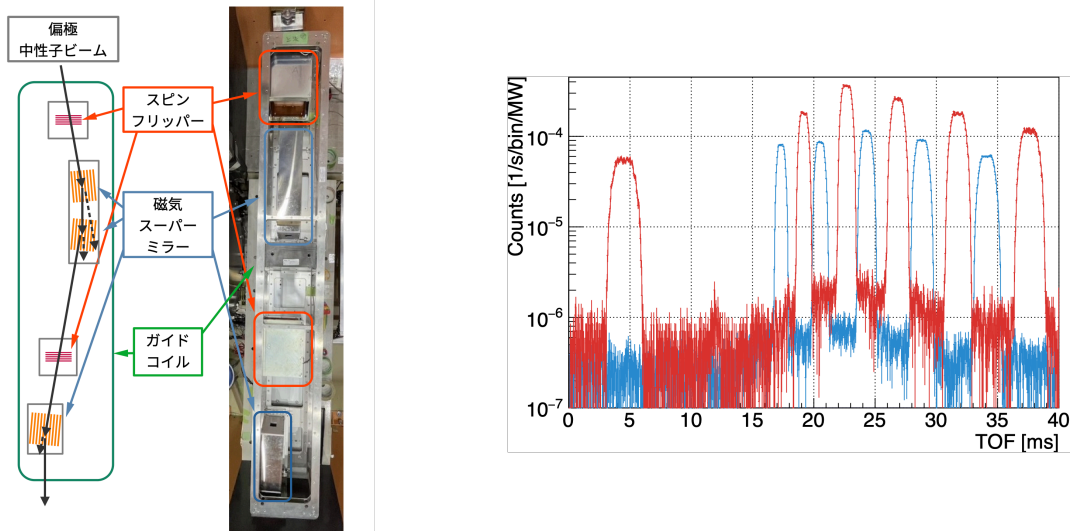


図3. (左) 新たに導入した大型 SFC 概念図と写真 (右) TPC で取得した規格化後の  ${}^3\text{He}(n,p){}^3\text{H}$  イベントの TOF スペクトル。赤線が新型 SFC、青線が旧型 SFC によるものである。

#### 参考文献

- [1] M. Tanabashi et al. (Particle Data Group), *Phys. Rev. D* 98, 030001 (2018).
- [2] 「中性子の寿命の謎」 日経サイエンス 2016年6月号 G.L. グリーン, P.ゲルテンボルト.
- [3] A. T. Yue et al., *Phys. Rev. Lett.* 111, (2013) 222501.
- [4] A. Serebrov et al., *Physics Letters B*, 605 (2005) 72-78.
- [5] R. W. Pattie Jr. et al., *Science* 360.6389 (2018) 627-632.
- [6] F. M. Gonzalez et al., *Phys. Rev. Lett.* 127, 162501 (2021)
- [7] R.L. Workman et al. (Particle Data Group), *Prog. Theor. Exp. Phys.* 2022, 083C01 (2022).
- [8] Z. Berezhiani, *Eur. Phys. J. C* 79 (2019) 484.
- [9] B. Fornal and B. Grinstein, *Phys. Rev. Lett.*, 120(19) (2018) 191801.
- [10] S. Rajendran and H. Ramani, *Phys. Rev. D* 103 (2021) 035014.
- [11] K. Hirota et al., *Prog. Theor. Exp. Phys.* (2020)123C02.
- [12] T. Mogi et al., *Proceedings of science, PoS (PANIC2021)* 458 (2022).
- [13] R. Kitahara et al., *Prog. Theor. Exp. Phys.*, 2019(9), 093C01 (2019).
- [14] G. Ichikawa et al., *Proceedings of science, PoS (PANIC2021)* 457 (2022).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Mogi Takanori et al.	4. 巻 PANIC2021
2. 論文標題 Improvement of systematic uncertainties for the neutron lifetime experiment at J-PARC	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of science	6. 最初と最後の頁 458
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.380.0458	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 Ichikawa Go et al.	4. 巻 PANIC2021
2. 論文標題 Neutron lifetime experiment with pulsed cold neutrons at J-PARC	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of science	6. 最初と最後の頁 457
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.380.0457	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 Hirota K, Ichikawa G, Ieki S, Ino T, Iwashita Y, Kitaguchi M, Kitahara R, Koga J, Mishima K, Mogi T, Morikawa K, Morishita A, Nagakura N, Oide H, Okabe H, Otono H, Seki Y, Sekiba D, Shima T, Shimizu H M, Sumi N, Sumino H, Tomita T, Uehara H, Yamada T, Yamashita S, Yano K, Yokohashi M, Yoshioka T	4. 巻 2020
2. 論文標題 Neutron lifetime measurement with pulsed cold neutrons	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 123C02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptaa169	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 Koga J., Ieki S., Kimura A., Kitaguchi M., Kitahara R., Mishima K., Nagakura N., Okudaira T., Otono H., Shimizu H.M., Sumi N., Takada S., Tomita T., Yamada T., Yoshioka T.	4. 巻 16
2. 論文標題 Measurement of rays from ${}^6\text{LiF}$ tile as an inner wall of a neutron-decay detector	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P02001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/16/02/P02001	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 Yano Kodai, Makida Yasuhiro, Makise So, Mishima Kenji, Otono Hidetoshi, Sumi Naoyuki, Yoshioka Tamaki	4. 巻 33
2. 論文標題 Precise Neutron Lifetime Measurement: An Integration Test with a Gaseous and a Solenoidal Magnet	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 3rd J-PARC symposium (J-PARC2019), JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 11117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.33.011117	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 Sumi N., Hirota K., Ichikawa G., Ino T., Iwashita Y., Kajiwara S., Kato Y., Kitaguchi M., Mishima K., Morikawa K., Mogi T., Oide H., Okabe H., Otono H., Shima T., Shimizu H. M., Sugisawa Y., Tanabe T., Yamashita S., Yano K., Yoshioka T.	4. 巻 33
2. 論文標題 Precise Neutron Lifetime Measurement Using Pulsed Neutron Beams at J-PARC	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 3rd J-PARC symposium (J-PARC2019), JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 11056
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.33.011056	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 Kitahara R, Hirota K, Ieki S, Ino T, Iwashita Y, Kitaguchi M, Koga J, Mishima K, Morishita A, Nagakura N, Oide H, Otono H, Seki Y, Sekiba D, Shima T, Shimizu H M, Sumi N, Sumino H, Taketani K, Tomita T, Yamada T, Yamashita S, Yokohashi M, Yoshioka T	4. 巻 2019
2. 論文標題 Improved accuracy in the determination of the thermal cross section of $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$ for neutron lifetime measurement	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 093C01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptz096	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 三島賢二、市川豪	4. 巻 32
2. 論文標題 中性子寿命の謎, 解明に向けて - J-PARCパルス中性子ビームを用いた新手法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本中性子科学会誌「波紋」	6. 最初と最後の頁 114-119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 三島賢二	4. 巻 778
2. 論文標題 中性子寿命の謎, 解明に向けた新しい手法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Isotope News	6. 最初と最後の頁 6-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 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)	国際共著 -

1. 著者名 三島賢二	4. 巻 68
2. 論文標題 中性子の寿命から宇宙の謎を解く	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 CROSS T&T	6. 最初と最後の頁 36-39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 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)	国際共著 -

1. 著者名 三島賢二, 角直幸, 北口雅暁, 吉岡瑞樹, 音野瑛俊	4. 巻 39
2. 論文標題 中性子寿命の謎の解明に向けて	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 高エネルギーニュース	6. 最初と最後の頁 159-169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 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)	国際共著 -

1. 著者名 三島賢二	4. 巻 29
2. 論文標題 中性子を用いた基礎物理研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本中性子科学会誌「波紋」	6. 最初と最後の頁 138-143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 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)	国際共著 -



〔学会発表〕 計43件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Kenji Mishima on behalf of the NOP collaboration
2. 発表標題 Fundamental physics using neutrons at J-PARC
3. 学会等名 Fundamental physics using atoms (FPUA2021 & FPUNA) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kenji Mishima et al.
2. 発表標題 Fundamental physics with neutrons at J-PARC
3. 学会等名 Asia-Oceania Conference on Neutron Scattering 2019 (AOCNS2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松崎 俊
2. 発表標題 ソレノイド磁石を用いた中性子寿命測定のための多層TPCの開発
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清水 春樹
2. 発表標題 J-PARCにおけるパルス中性子源の波長-飛行時間関連の詳細測定
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 市川 豪
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：大型中性子光学系の導入と高統計物理ランの現状
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 茂木 駿紀
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：ガス散乱起因背景事象低減に向けた低ガス圧測定の解析
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷川 拓郎
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：角相関項測定に向けたHe3スピフィルターを用いた中性子偏極率測定
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 市川 豪
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：背景事象低減のための中性子入射コリメーターの導入と物理ランの現状
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松崎 俊
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：2021年の測定データによる解析の現状
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 細川 律也
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：中性子寿命精密測定における背景事象の削減
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 清水 春樹
2. 発表標題 J-PARCパルス中性子源を用いた希ガスの中性子に対する吸収断面積の精密測定
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 清水 春樹
2. 発表標題 J-PARCにおけるパルス中性子源の波長-飛行時間相関の詳細測定
3. 学会等名 第21回日本中性子科学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷川 拓郎
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験: 大型中性子輸送光学系の導入と3Heスピンフィルターを用いた偏極率測定
3. 学会等名 第21回日本中性子科学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoyuki SUMI
2. 発表標題 Precise Neutron Lifetime Measurement Using Pulsed Neutron Beams at J-PARC
3. 学会等名 J-PARC Symposium 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Go ICHIKAWA
2. 発表標題 Neutron Lifetime Experiment Using a Pulsed Neutron Beam
3. 学会等名 INT Workshop INT-19-75W Fundamental Symmetries Research with Beta Decay (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 So MAKISE
2. 発表標題 Lifetime of Neutron Apparatus (LiNA) with time projection chamber and solenoid coil
3. 学会等名 INT Workshop INT-19-75W Fundamental Symmetries Research with Beta Decay (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三島 賢二
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：3He数密度導出法の改良
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 岡部 宏樹
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：SFCアップグレード
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 市川 豪
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：バックグラウンドと系統誤差の評価
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森川 滉己
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：TPC動作ガス中の3He含有率評価
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡部 宏樹
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：SFCアップグレード
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森川 滉己
2. 発表標題 15aSK-7 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：中性子 崩壊/ $^3\text{He}$ 反応事象切り分け解析
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 矢野 浩大
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：MCを用いたバックグラウンドの系統誤差の検証
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 市川 豪
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：線バックグラウンドの時間構造解析
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 茂木 駿紀
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験:2019年までの測定結果
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 茂木 駿紀
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験:中性子寿命解析の現状
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 松崎 俊
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験:飛跡形状の背景事象の分類に関する調査
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 市川 豪
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験:大型スピフリップチョッパーの導入
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 森川 滉己
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：シミュレーションの高度化
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 長谷川 拓郎
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験：中性子ガス散乱起因の背景事象についての調査
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 清水 春樹
2. 発表標題 J-PARCパルス中性子源の波長-飛行時間相関の詳細な測定
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 矢野 浩大
2. 発表標題 ソレノイド磁石を用いた中性子寿命測定のための宇宙線カウンターの開発及び性能評価
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 市川 豪
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験: 線背景事象測定と系統誤差見積もりの改善
3. 学会等名 日本物理学会 2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 細川 律也
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験: 検出器シミュレーションにおける実験結果再現性の向上と検出効率における系統誤差の再評価
3. 学会等名 日本物理学会 2023年春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 市川 豪
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験: 高統計物理ランの現状
3. 学会等名 日本物理学会 2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 細川 律也
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験: TPCを用いた中性子寿命測定における背景事象の調査
3. 学会等名 日本物理学会 2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 茂木 駿紀
2. 発表標題 J-PARC/BL05における中性子寿命測定実験:2022年までの中性子寿命解析の現状
3. 学会等名 日本物理学会 2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 清水 春樹
2. 発表標題 J-PARCにおけるパルス中性子源の波長-飛行時間相関の詳細な測定
3. 学会等名 日本物理学会 2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 細川 律也
2. 発表標題 冷中性子ビームを用いた 中性子寿命測定のためのTPC開発
3. 学会等名 マイクロバターンガス検出器 (MPGD) & アクティブ媒質TPC合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Toshinori Mogi
2. 発表標題 Improvement of systematic uncertainties for the neutron lifetime experiment at J-PARC
3. 学会等名 PANIC2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Go Ichikawa
2. 発表標題 Neutron lifetime experiment with pulsed cold neutrons at J-PARC
3. 学会等名 PANIC2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Toshinori Mogi
2. 発表標題 Neutron lifetime experiment using a pulsed neutron source at J-PARC
3. 学会等名 PSI2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ritsuya Hosokawa
2. 発表標題 Status of neutron lifetime measurement with cold neutron beam at J-PARC
3. 学会等名 The 14th International Workshop on Fundamental Physics Using Atoms (FPUA2022) (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>中性子寿命の謎、解明に向けた新実験が始動-第3の手法により中性子寿命問題の解明に挑む-  <a href="https://www.kek.jp/ja/press/20201225-2/">https://www.kek.jp/ja/press/20201225-2/</a>          中性子が崩壊すると一部がダークマターに？ KEKなどが大型実験を開始  <a href="https://news.mynavi.jp/article/20210108-1628177/">https://news.mynavi.jp/article/20210108-1628177/</a>          高エネ研・名大・東大・京大・九大・筑波大・阪大など、中性子寿命を測定する装置を開発・新実験が始動  <a href="https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP602785_X00C21A1000000/">https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP602785_X00C21A1000000/</a>          中性子寿命の謎、解明に向けた新実験が始動  <a href="https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210108_2">https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210108_2</a>          中性子寿命の謎、解明に向けた新実験が始動  <a href="http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/information/20210108.html">http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/information/20210108.html</a></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	関場 大一郎  (Sekiba Daiichiro)  (20396807)	筑波大学・数理物質系・講師    (12102)	
研究分担者	吉岡 瑞樹  (Yoshioka Tamaki)  (20401317)	九州大学・先端素粒子物理研究センター・准教授    (17102)	
研究分担者	山下 了  (Yamashita Satoru)  (60272465)	東京大学・素粒子物理国際研究センター・特任教授    (12601)	
研究分担者	角野 浩史  (Sumino Hirochika)  (90332593)	東京大学・大学院総合文化研究科・准教授    (12601)	
研究分担者	北口 雅暁  (Kitaguchi Masaaki)  (90397571)	名古屋大学・素粒子宇宙起源研究所・准教授    (13901)	

## 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