

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料  
〔平成31年度（2019年度）研究進捗評価用〕

平成28年度採択分  
平成31年3月18日現在

ステライルニュートリノ探索で探る標準模型を超えた物理

Searching for a sterile neutrino at J-PARC MLF



課題番号：16H06344

丸山 和純 (MARUYAMA, TAKASUMI)

高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・准教授

研究の概要（4行以内）

本研究は、高性能で比較的小型の50トン液体シンチレータ検出器を、茨城県東海村にあるJ-PARC物質・生命科学施設（MLF）の3階に設置することにより、ステライルニュートリノが存在する場合にしか発生しない24mという短基線でのニュートリノ振動を探索する。振動が存在すれば、素粒子物理の標準模型を超えた新しい物理の扉を開くこととなる。

研究分野：物理学

キーワード：素粒子（実験）

1. 研究開始当初の背景・2. 研究の目的  
ニュートリノ振動は、2015年10月に梶田氏と Art McDonald 氏がノーベル賞を受賞し、一躍脚光を浴びた物理現象である。これは、ニュートリノがその飛行距離とエネルギーに依存してフレーバー（電子、ミュー、タウ、（ステライル））を変える現象で、本研究は、未解決である「フレーバーの変化の中に少量のステライルが含まれるか否か」という問題を高い確度で探る。

ステライルニュートリノは通常のニュートリノと違い、弱い相互作用をしないニュートリノの総称であり、現在の素粒子標準模型では説明出来ない。例えば、右巻ニュートリノである可能性がある。ステライルニュートリノの存在が確定されれば定説が覆される。

ステライルニュートリノは弱い相互作用しないため、その存在の確認は主に弱い相互作用を行うニュートリノとの振動を通じてなされる。いくつかの加速器・原子炉・線源を使った実験でその存在が示唆されているが、決定的な証拠がない状況で、決定的な検証が急務である。現在、その検証に向け、世界でいくつかの実験が提案されている。本研究はそれらの実験の中でも短期間で世界に先駆けて結果を出すことを目的とする。

3. 研究の方法

図1に本研究実験のセットアップを示す。

図1右方向から来る3 GeVの陽子が水銀標的に衝突した後、 $\mu^+$  静止崩壊から大量のニュートリノを生成する。本実験ではこの際生

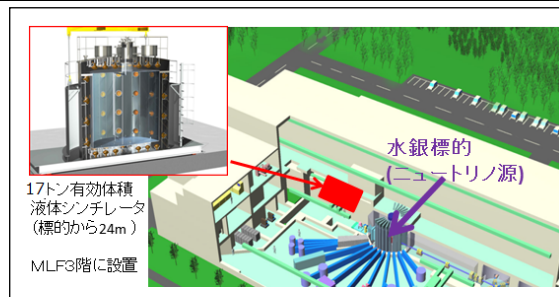


図1：MLF 建屋と検出器

成される反ミューニュートリノが、標的から24 m先のMLF3階に設置された50トン(有効体積17トン)液体シンチレータ測定器で検出される間に振動して反電子ニュートリノへ変化する割合を精査する。この短距離での振動は、先駆実験で示唆されているステライルニュートリノがある場合のみ起こる。

この実験では、既に存在し世界最高感度の研究を行うことができるJ-PARC MLFの3階に、検出器技術が確立した高性能で小型の液体シンチレータ検出器を置くだけで世界最高の結果を出せることが特徴である。

4. これまでの成果

予定では、2018年度までの検出器建設と2019年度のデータ取得開始を目指し、それ以上の進捗があったので、その進捗を示す。図2は、2019年2月20日時点の検出器建設状況である：(A) 4.6m直径、4m高さのステンレスタンク及びその外側の消防法対応用の防油堤；写真灰色部、(B) アクリルタンク建設とステンレスタンクへの搬入；透明な円筒容器、(C)

光電子増倍管のサポート構造、光学分離版（黒いアクリル板）。順調な建設状況が見える。



図2；検出器現状

また、液体シンチレータは、基盤研究 (S) 採択後に加わった韓国グループが作製を行った。この例のように、申請採択後、予想以上の進捗を得た。現在、液体シンチレータは東京都川崎（日陸株式会社、危険物保管施設）にて保管されており、実験開始を待っている。

他、仏 Double-Chooz 実験からの電子回路の寄付、光電子増倍管寄付予定等があり、これらも大きな進展である。また、英国共同研究者が作製した高速 LED 較正システムも検出器内設置・性能試験を行った。

他方、J-PARC MLF 検出器設置に関する安全・設置の議論も公式協議会（計7回）開催等によりこの3年で大きな進捗を得た。協議会中、検出器強度、施設耐荷重、消防法申請、施設沈下、耐震性、クレーン作業、液体シンチレータの保管、充填・抜き取り、他のMLF内作業への干渉等、様々な課題を克服した。

これらの結果、「実験開始に向け、安全上や法律上の問題はない。」との結論を得た。

以上の検出器建設状況と施設との安全協議を踏まえ、2018年11月に、**J-PARC/KEKから最終実験開始許可を得た**。これは、基盤研究 (S) 採択で得た強力な結果である。

## 5. 今後の計画

計画通り 2019 年度にデータ取得を開始する。較正を行い、ステライルニュートリノに関する振動の有無を探り、基盤研究 (S) の期間内に、予定していた図3のような実験結果を得る（横軸は反ミュー型ニュートリノが反電子型へ振動する割合、縦軸が第4質量固有値と他の固有値の差の2乗を表している）。斜線部は本研究予想探索感度であり、水色茶色の部分が先駆実験のステライルが存在する場合のニュートリノ振動の示唆領域である。このように **先駆実験示唆領域について結論を出すことが可能である**。

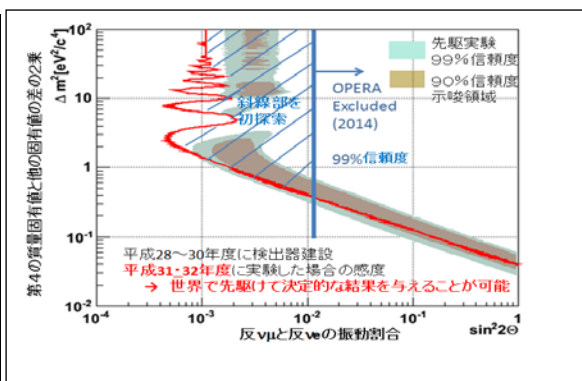


図3 本実験予想感度

## 6. これまでの発表論文等（受賞等も含む） （代表的なもののみ示す）

### ■ 論文発表・出版

[1] "Technical Design Report (TDR): Searching for a Sterile Neutrino at J-PARC MLF (E56, JSNS2)", S. Ajimura, S. Hasegawa, T. Kawasaki, S. Meigo, T. Maruyama, F. Suekane, T. Shima et al (58 authors) arXiv:1705.08629 (2017) (no referee)

[2] "J-PARC MLFにおけるステライルニュートリノ探索実験" 長谷川勝一、丸山和純著、中性子学会誌「波紋」2016年11月号 Vol. 26 No. 4 (2016). (refereed)

### ■ 国際招待講演・受賞

[3] "Review of the sterile neutrino searches", T. Maruyama (KEK), DBD2018 workshop, Hawaii, USA, 2018/Oct/21,

[4] 波紋 President Choice 賞受賞（上記[2]に対する賞）長谷川勝一、丸山和純

[5] "Searching for a Sterile Neutrino at J-PARC MLF: JSNS<sup>2</sup>", J.S. Park (KEK), 2017 EPS-HEP, Venice (Italy), 2017-Jul

[6] "Searching for a Sterile Neutrino at J-PARC MLF: JSNS2 experiment", T. Maruyama (KEK), ICHEP2016, USA, Chicago, 2016/Aug

[7] "Neutrino-Nucleus Interaction studied with MeV Neutrino Beam at J-PARC", T. Shima, Nuclei in the Cosmos XIV, Niigata (Japan), 2016-June,

### ■ 国内発表（他多数の学会発表）

[8] "標準理論を超えるステライルニュートリノの探索", 末包文彦（東北大学）日本物理学会年次大会 九州大学 2019年3月

[9] "Neutrinos which is sensitive to only gravity?" 丸山和純 (KEK) KMI コロキウム名古屋大学 2017年7月

[10] "ステライルニュートリノ探索実験 (JSNS2)" 丸山和純 (KEK) 核物理の将来勉強会 (J-PARC) 2017年4月

## 7. ホームページ等

<http://research.kek.jp/group/mlfnu/index.html>