

ミューオン・中性子グループは、ミューオンと中性子を用いて素粒子標準理論を超える物理現象を探る実験的な研究を推進している。現在は、東海キャンパスの J-PARC におけるミューオンの異常磁気能率( $g-2$ )・電気双極子モーメント(EDM)測定を行う「ミューオン  $g-2$ /EDM」実験、カナダ・TRIUMF 研究所における超冷中性子を用いた中性子電気双極子モーメント探索実験 TUCAN を行っている。

#### (1) J-PARC ミューオン $g-2$ /EDM 実験

ミューオンの  $g-2$  および EDM はいずれも量子補正の効果として標準理論を超える物理の寄与が顕著に現れることが予想されている。2026 年 4 月、ミューオン  $g-2$  の測定を 60 年以上にわたり推し進めてきた CERN、ブルックヘブン国立研究所 (BNL)、フェルミ国立加速器研究所 (FNAL) の 3 つの実験グループに対し、2026 年のブレークスルー賞 (基礎物理学部門) が授与された。標準理論の予想値については、強度依存部分 (HVP) の評価をめぐる状況の精査が続いており、国内では PACS コラボレーションによる格子 QCD 計算の新たな取り組みが開始された。独立な手法による測定の重要性は一層高まっている。

前回 2026 年 1 月の報告から**新たにプレスリリース 1 件、4 本の論文が雑誌に掲載、1 本が現在査読中**である。以下に概要を説明する。

最近の大きな進展は、MLF ミューオン H ラインの H2 エリアにおける冷却ミューオンの加速である。2026 年 6 月、運動エネルギー 4 MeV の表面ミューオンをミューオニウム生成標的とレーザーイオン化により 4 MeV から 25 meV まで冷却したのち、高周波四重極加速空洞 (RFQ) で 0.3 MeV まで加速することに成功した。2024 年に S2 エリアで実施した実証実験 (0.1 MeV、毎秒 0.05 個) と比較して、3 倍のエネルギーと 200 倍の強度 (毎秒約 10 個) を、本来の実験を行うエリアで達成したことになる。ミューオン加速が「実証」の段階から、実験に用いるビームをつくる「実装」の段階へ移行したものと位置づけられる。本成果は 2026 年 8 月 31 日に J-PARC センター、KEK、日本原子力研究開発機構、東京大学、名古屋大学、理化学研究所の連名でプレスリリースを行なった[1] (図 1)。あわせて、冷却ミューオン源の診断装置に関する論文を発表した[2]。また、第 2 段加速部を担う 324 MHz IH 型ドリフトチューブライナック (IH-DTL) に関する研究成果が Phys. Rev. Accel. Beams 誌に掲載された[3]。今後、2027~28 年頃の 4 MeV (光速の約 30%) までの加速を目指して整備を進める。なお、これらは、J-PARC 施設整備予算による基盤設備の整備に加えて、 $g-2$ /EDM 実験に関する科研費や K プログラム採択課題「小型で人工的に高強度のミューオンを生成するコア技術の開発」の一環として進めている。

新しい実験建屋 (H ライン実験棟) の整備に先立って、建屋整備後に制限される人の導線

や荷物の搬入経路を確保するため、既設 MLF 建屋内に代替ルートの整備を行っている。

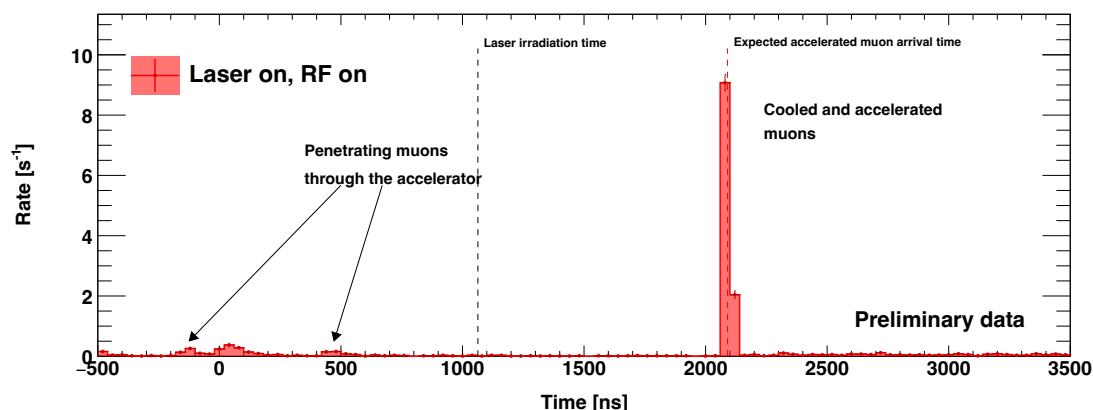


図1 加速装置出口で測定した、0.3 MeV まで加速されたミュオンの信号

ビーム入射部分について、3次元らせん入射方式による超小型蓄積リングへのビーム蓄積の世界初の実証結果が *Phys. Rev. Lett.* 誌に掲載された[4]。陽電子飛跡検出器の開発が進んでおり、シリコンストリップ検出器モジュールの計数率耐性の評価結果が *JINST* 誌に掲載された[5]。つくばキャンパス北カウンターホール側室では、機械工学センター、九州大学、新潟大学を中心にクォーターベーンモジュールの製作を継続している。同じく MLF で行われているミュオニウムの超微細構造測定実験 (MuSEUM) へ導入する準備が進んでおり、試験的に取得したデータより良好な性能が得られている。GPU を用いた飛跡再構成効率の向上に関する論文が *JINST* 誌に掲載された[6]。

実験コラボレーションは、FNAL 実験の精度に匹敵し、これを上回る感度を目指した測定感度向上の検討を開始した。具体的には、ミュオニウムの光ポンピングによるビーム偏極度の向上、直線加速器の増強、および蓄積磁石の磁場を 3 T から 6 T へ増強する案の検討である。特に 6 T 蓄積磁石については本格的な検討に着手した。

2026 年 6 月に KEK 東海キャンパスでコラボレーション会議を行なった (図 2)。2026 年 4 月 21 日にイタリア・INFN の研究グループが INFN 素粒子物理委員会 (CSN1) に対して本実験への参加に関する Letter of Intent を提出した。冷却ミュオン源と偏極度向上、高磁場ソレノイド、磁場・電場センサー、飛跡検出器の読み出しエレクトロニクスなどの分担が提案されている。コラボレーションから正式な invitation letter を発出した。2026 年 9 月に中国・Institute of Modern Physics の研究グループがコラボレーションに加わり、主に精密磁場測定・ミュオン源の開発に貢献することになった。



図2 KEK 東海キャンパスで開催したコラボレーション会議

## (2) TUCAN 実験

KEK 素核研は、中性子の電気双極子モーメント (EDM) を  $10^{-27}$  ecm の測定感度で探索することを目標とした国際共同実験 TUCAN に参加している。中性子 EDM の探索には、運動エネルギーが 300 neV 以下の超冷中性子 (UCN: Ultra-Cold Neutron) を用いる。TUCAN では世界最高水準の UCN 強度を実現するための UCN 源を建設し、2025 年 12 月に液体重水素モデレーターを含むすべての構成要素が完成した。

前回 2026 年 1 月の報告から**新たに 2 本の論文が雑誌に掲載され、2 本が現在査読中**である。

UCN 源では、タングステンターゲットへの陽子ビーム照射による核破砕反応で生じた中性子を、常温重水 ( $D_2O$ ) モデレーターおよび約 20 K の液体重水素 ( $D_2$ ) モデレーターで冷中性子領域まで減速し、さらに超流動ヘリウム中でのフォノン散乱を利用して UCN を生成する。UCN コンバーターである超流動ヘリウムは 1.2 K 以下に維持する必要があり、ビーム照射時の約 8.1 W の放射線発熱を含む総熱負荷は約 10 W に達する。この熱を除去する $^3\text{He}$  冷凍機は KEK で開発された。KEK はこのほか、機械式冷凍機と活性炭コールドトラップを用いたヘリウム精製機、重水素精製機、液体重水素冷凍機など、UCN 源の極低温技術に重要な貢献を行っている。

2025 年 6 月には液体重水素モデレーターを除いた状態で UCN 生成に成功し、その結果は *Phys. Rev. C* に掲載された [7]。その後、液体重水素モデレーターを含むすべての構成要素を運転した完成 UCN 源での UCN 生成にも成功し、その結果を報告した [8]。液体重水素モデレーターの導入により UCN 発生数は約 30 倍に増加し、事前のシミュレーションとおおむね一致する結果が得られた。



2026 年 1 月には、実際の中性子 EDM 測定に使用するものと同サイズ (25.2 L) のプロトタイプセルを用いて UCN 蓄積試験を行った。無偏極 UCN をセルに導入して 170 秒間蓄積した後の UCN 密度を評価した結果、陽子ビーム強度 40  $\mu\text{A}$  において 29 UCN/cm<sup>3</sup>の貯蔵密度を得た。今回の測定では UCN 輸送系は最終構成ではなく、超流動ヘリウムコンバー

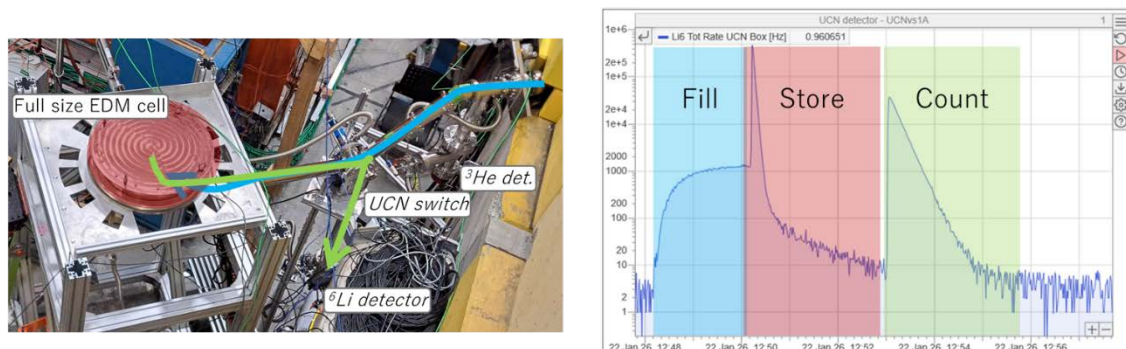


図 1 実機と同サイズ (25.2 L) の EDM セルを用いた UCN 蓄積試験。左は実験セットアップ。右図は中性子検出器カウント。Fill 時は UCN 源とセルが接続されており、UCN 検出器へはバルブからの漏れた UCN が検出される。Store 時はセルはバルブによって閉じられ、ガイド内に残った UCN が検出される。Count 時がセル内に閉じ込められた UCN 数。UCN を 170 秒間蓄積した後に検出し、陽子ビーム強度 40  $\mu\text{A}$  において 29 UCN/cm<sup>3</sup>の貯蔵密度を得た ((解析時点の暫定値)。

ターの充填量も定格の 85%であった。今後は偏極 UCN への対応に加え、DLC コーティングを施した新しい UCN ガイドの導入などにより輸送効率の向上を進める。

2026 年 2 月 17 日から 20 日にかけて、メキシコ国立自治大学 (UNAM) で TUCAN コラボレーションミーティングが開催された。2025 年および 2026 年 1 月の UCN 生成試験、EDM 測定用磁気シールドルームの性能評価、静磁場生成コイルの準備状況などが報告された。日本グループからは、超流動ヘリウム UCN コンバーターの過



図 2 TUCAN Collaboration Meeting  
at UNAM, Mexico, Feb. 2026

熱試験、金放射化法による冷中性子束測定、チョッパーを用いた UCN 速度スペクトル測定、スーパーリーク開発などを報告した。また、2026 年中に行う超流動ヘリウムの温度勾配測

定やスーパーリークのインストール計画について議論した。

2026 年 5 月 4 日、5 日には TRIUMF において、2 年ごとに実施される TUCAN External Advisory Committee (EAC) レビューが行われた。完成した UCN 源での UCN 生成成功と、中性子 EDM 測定装置の開発状況を報告した。EAC からは中性子 EDM 測定の科学的意義と TUCAN の国際競争力が高く評価された。

2026 年度は TRIUMF サイクロトロンビームの休止期間であり、TRIUMF での UCN 生成は行わない。この期間を利用し、2027 年のビーム再開後に中性子 EDM 測定を開始できるよう、ビームを必要としない nEDM 測定装置の開発を重点的に進めている。また、University of Winnipeg で製作された UCN ガイド[9]を J-PARC MLF のパルス中性子源で性能評価し、その後 TRIUMF へインストールする計画である。

KEK では、超流動ヘリウム UCN コンバーター中の<sup>3</sup>He 不純物を除去するスーパーリークの開発を継続している。スーパーリークは微細な多孔質材料を利用し、粘性のない超流動<sup>4</sup>He のみを透過させることで<sup>3</sup>He を除去する。KEK 機械工学センターの協力で製作したアルミナ (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 製スーパーリークについて、これまでに超流動ヘリウムの透過を確認しており、2026 年度は改良したセットアップによる定量評価、温度勾配測定および実機へのインストールに向けた準備を進める。

TUCAN では、完成した UCN 源により中性子 EDM 測定に必要な高密度 UCN を供給できる見通しが得られた。2026 年度は TRIUMF のビーム休止期間を活用して、UCN 輸送系の最適化、偏極 UCN への対応、磁気シールドルーム[10]や静磁場生成系を含む nEDM 測定装置の開発、スーパーリークの実機導入準備を進める。2027 年のビーム再開後に中性子 EDM の物理測定を開始することを目指す。

## References

- [1] プレスリリース「ミュオン加速、実証から実装へ」(2026 年 8 月 31 日)  
<https://j-parc.jp/c/press-release/2026/08/31001874.html>
- [2] M. Wada, M. Kimura, *et al.*, [arXiv:2608.02706](#) (2026).
- [3] Y. Nakazawa, *et al.*, [Phys. Rev. Accel. Beams 29, 093201 \(2026\)](#).
- [4] R. Matsushita, H. Iinuma, *et al.*, [Phys. Rev. Lett. 137, 025002 \(2026\)](#).
- [5] T. Yamanaka, *et al.*, [JINST 21, P07039 \(2026\)](#).
- [6] C. Hridey, *et al.*, [JINST \(21\), P01006 \(2026\)](#).
- [7] B. Algori *et al.* (TUCAN Collaboration), “Initial results of the TRIUMF ultracold advanced neutron source,” [Phys. Rev. C 114, L012501 \(2026\)](#).
- [8] K. Abe *et al.* (TUCAN Collaboration), “A New High-Intensity Source for Ultracold Neutrons,” [arXiv:2607.03033 \(2026\)](#).
- [9] T. Hepworth *et al.*, “Ultracold Neutron Guide-Coating Facility at U.Winnipeg,”

[\*Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A\* \*\*1092\*\*, 171841 \(2026\).](#)

- [10] S. Ahmed *et al.*, “Initial Performance of the TUCAN Magnetically Shielded Room,”  
[arXiv:2604.15565 \(2026\).](#)