

素核研ミューオングループではミューオン LFV 探索・ミューオン精密測定の本柱で研究を推進している。今回は LFV 探索についての報告を行う。

■ ミューオン LFV 探索研究

通常のミューオン崩壊と異なり、 $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ 崩壊やミューオン電子 ($\mu^- e$) 転換事象ではレプトン世代数の保存が破れており (charged Lepton-Flavor Violation (cLFV)), 標準理論では起こりえない。このため cLFV 探索は高エネルギーフロンティア実験と並んで新物理の検証に重要な役割を果たすと考えられている[1]。

■ MEG 実験

MEG 実験は、ポールシェラー研究所での $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ 崩壊を探索する実験であり分岐比上限値として 4.2×10^{-13} を与えている[2]。現在、第二期のデータ収集 (MEG II) が開始されつつある。素核研ミューオン LFV グループは液体キセノンガンマ線検出器の冷却システム整備を行うなどの貢献を行っている。

■ COMET 実験

cLFV 物理に関して LFV グループが精力的に推進している実験が J-PARC での $\mu^- e$ 転換事象探索 (COMET) 実験である。COMET 実験は 17 カ国、42 研究機関 (2018 年 11 月現在) の研究者が参加する国際共同実験である。COMET 実験は、建設予定の超伝導電磁石のうち、最初の 90 度の折曲がりまでを建設して物理計測を行い (Phase I 感度 10^{-14})、その後、電磁石を延長 (Phase II 感度 10^{-16}) して段階的に物理感度を上げていくことを計画している。

COMET 実験では、陽子標的でパイ中間子を生成し、その崩壊でできるミューオンを静止標的へと輸送する。静止標的で停止したミューオンはミューオン原子を形成し、その後スペクトロメータにより特徴的なエネルギーの電子を計測して $\mu^- e$ 転換事象を同定する。

生成されたミューオンの輸送並びに信号電子の弁別のためには長大な超伝導ソレノイド磁石を使用する。この磁石は、低温センターならびに素核研低温グループとの強固な協力関係のもとで準備を進めている。

COMET 実験で使用する陽子ビームは他のハドロンホール実験のためのビームとは異なり、実験の要請から取出し時のエネルギーが 8GeV である必要がある。また、加速器内でのパルス構造を保ったまま実験室に取出す必要

があり、さらには取出されたビームではパルスからの陽子の漏れ出し率 (エクステンションファクター R_{ext}) が 10^{-10} 以下である必要がある。ミューオングループではこれを計測するための検出器開発も含めて J-PARC 加速器グループと連携して研究を進めてきた。現在、計測に必要な高速応答可能な検出器の開発を進めながら漏れ出し率の実測の高精度化に向けた準備を行っている。

COMET 実験では様々な機器が中性子、ガンマ線といった放射線にさらされる。パイ中間子を捕獲・収集するためのソレノイド電磁石などは重厚なタングステン合金製の遮蔽体を用いて放射線からの影響を最小化する予定であるが、検出器に関しては (特にエレクトロニクス部品) そのような遮蔽体を使用することが容易ではないため、構成部品を逐一放射線照射して、実験中に起こりうる照射量でも十分性能が保証されるものを使用する。現在までに検出器の読み出しエレクトロニクスに使用する部品は中性子、ガンマ線照射試験を行ってきた。図 1 にそのようにして選定した部品を使用して製作した波形デジタルプロトタイプ [3] を示す。

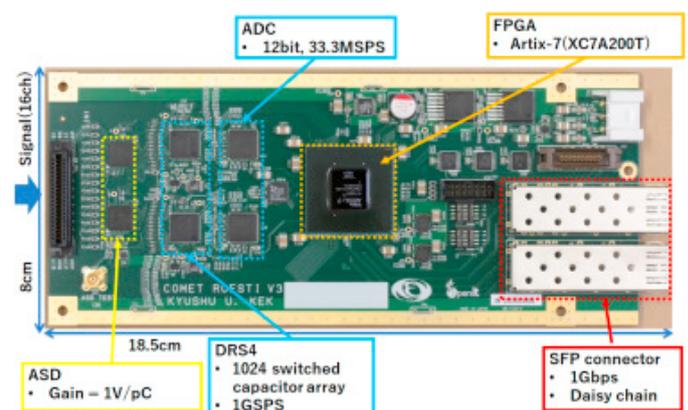


図 1 COMET 実験のための波形デジタルボード (ROESTI) プロトタイプ [3]

実験グループでは、検出器の準備を国際協力出進めている。検出器構成部品の製作や開発を予算措置も含めて各国が行い、最終的に J-PARC ですべてを組み上げる予定である。このため LFV グループではどのように検出器全

体を組み上げるかの検討も行っている。またこれらの準備を進めながら、実験グループではコラボレーションの拡大にも力を入れている。2018年にはカザフスタンの Institute of Nuclear Physics が新たに加わった。

References

- [1] S. Mihara et al. Ann. Rev. of Nucl. and Part. Sci Vol. 63: 531-552 2013、「荷電レプトンで探る新物理」、三原智, 物理学会誌 70 巻 10 号 現代物理のキーワード
- [2] A. M. Baldini et al. (MEG collaboration), Euro. Phys. J. 76 :434, 2016
- [3] E. Ueno et al.,NIMA doi.org/10.1016/j.nima.2018.08.027