

# 博士論文公聴会の公示（物理学専攻）

学位申請者： 長尾 大樹

論文題目：Development of a burst-tolerant spectrometer system for DeeMe experiment  
DeeMe 実験におけるバースト耐性スペクトロメータシステムの開発

日時：2024年8月7日（水）16:50-18-20（5限）

場所：理学研究科 H 棟 7 階セミナー室(H701 号室)

主査：青木正治

副査：南條創、嶋達志、大田晋輔、吉田齊

論文要旨：

素粒子物理学における標準模型では、荷電レプトンファミリー数を破るような過程（charged Lepton Family number Violation: cLFV）は禁止されている。一方、様々な標準模型を超えた物理においてはその存在が予言されており、その探索は盛んに研究されている。 $\mu$ -e 転換過程はそうした cLFV の一つであり、原子の電子軌道上にとらわれたミュオンがニュートリノを伴わず電子を放出する現象である。これは現実的に観測可能なレベルの分岐比が予言されており、現在も多くの実験で探索されている。

DeeMe 実験は J-PARC MLF H-Line で行われる  $\mu$ -e 転換過程探索実験であり、現在与えられている実験上限値を超える精度での実験を可能としながら、実験装置の規模を大幅に抑えることができる非常に独創的な研究である。一般的な実験ではビームラインでミュオンを引き出し標的に静止させて信号電子を観測するが、本実験では MLF のミュオン生成標的から直接信号電子を観測する。瞬間ヒットレートで 100 GHz/mm<sup>2</sup> 程度のプロンプトバーストの数  $\mu$ s の信号電子を測定する必要があるため、バーストにより飽和しない検出器が必要となる。そのため、本実験では高速かつダイナミックにガスゲインをコントロールできる MWPC (HV-switching MWPC) を開発し、個々の検出器が実際にバースト相当のビームの数  $\mu$ s 後の信号電子を測定することに成功した。

本研究では、次の段階としてこれら 4 台の MWPC を用いてスペクトロメータを構成し、電子の運動量を測定する実験を行った。またこの実験で得られた MWPC の信号から電子の運動量を得るまでの一連の解析フレームワークを開発し、その結果をモンテカルロシミュレーションと比較するデモンストレーションを行うことで  $\mu$ -e 転換探索までの手順を整えた。MWPC から読みだされる波形は、そのゲインをコントロールする動作によりベースラインが平坦ではないため信号を分離する方法が必要とされ、ベースラインテンプレートを作成する手法を確立した。また、信号からヒット位置を割り出し粒子の軌跡を再構成、その運動量を得ることができた。これにより DeeMe における H-Line での本番実験に備えて一連の

解析ワークフローを構築し、加えてその過程で起きうる問題を洗い出し解決または解決までの筋道を示した。さらにそのスペクトルがよく知られているミュオン崩壊電子の運動量スペクトルや、炭素標的では初となるDIO (Decay In orbit) スペクトルを測定しシミュレーションと比較・最適化の手順を構築した。また、本番実験でも必要になる系統誤差の見積もり方法についても本研究で得られたデータを用いて議論した。