

# 論文審査の結果の要旨

氏名 西村 美紀

本論文は、ミューオンの陽電子と光子への崩壊 ( $\mu^+ \rightarrow e^+ + \gamma$ ) の探索を目的としてスイス・PSI 研究所で行われる予定の MEG II 実験において、陽電子の時間を精密に測定する装置の開発に関するものである。

本論文は 9 章からなる。第 1 章は論文全体のイントロダクションであり、第 2 章は物理学の背景から MEG II 実験で目指す  $\mu^+ \rightarrow e^+ + \gamma$  探索の重要性を説明している。第 3 章で MEG II 実験全体のセットアップを述べた後、第 4 章で本論文の主題であるタイミングカウンターについて設計の詳細が説明されている。第 5 章では、検出器から取得したデータから高精度の時間情報を得る解析方法や、較正およびシミュレーションについて述べられている。第 6 章では複数の検出器からの情報を合わせることで時間分解能を向上させる手法について、ビームテストの結果をもとに検証している。第 7 章では本番の環境に近い状況で行ったパイロットランのデータに基づきタイミングカウンターの性能を評価し、第 8 章では最終的に到達可能な  $\mu^+ \rightarrow e^+ + \gamma$  の探索感度について考察がされている。第 9 章はまとめと結論である。

素粒子の標準模型を超えた物理の手がかりを探す上で、 $\mu^+ \rightarrow e^+ + \gamma$  崩壊の探索は有力な手法として注目されている。最近スイス・PSI 研究所で行われた MEG 実験では、 $\mu^+ \rightarrow e^+ + \gamma$  崩壊を探索してその分岐比に対し  $4.2 \times 10^{-13}$  という上限値を得た。この実験を改良し、 $\mu^+ \rightarrow e^+ + \gamma$  崩壊をさらに一桁高い感度で探索するために計画されたのが MEG II 実験である。探索感度を上げるためには、MEG よりも高強度のビームレートに耐え、なおかつ背景事象を削減するためにより高い分解能を持った測定装置が必要となる。特に、背景事象を区別する上で重要となる時間情報に関しては、MEG 実験では陽電子の時間測定が精度を制限しており、その改善が強く望まれていた。このような背景の中で、検出器を細分化し、複数のプラスチックシンチレータで時間測定を行うことでレート耐性を持ちつ

つ高い時間分解能を達成する新たな設計のタイミングカウンター測定器を開発し、その性能を実際の実験環境で評価して、目標とする探索感度を達成するために十分な精度を得たことを検証したことが本論文の主題である。

論文提出者は、第4章で詳細に述べられている通りタイミングカウンター測定器の設計・製作を主体となって行った。またその経験を元に、検出器の性能を最大限に引き出すために必要な解析や較正の方法についても考察を行い、ビームテストのデータを元に実機で要求される時間分解能が達成可能であることを示した（第5章・第6章）。第7章では、実機を本番のビームラインに設置して取得したデータから最終的な実験環境における時間分解能の評価を行った。陽電子の飛跡を捉えるためのドリフトチェンバーが未実装であったなど利用できる情報が少ない中でタイミングカウンター測定器の性能を正確に評価する手法を開発し、陽電子に対するタイミングカウンター測定器での時間分解能を  $38.5\text{ps}$  と見積もった。さらに、ドリフトチェンバーから期待される寄与を加えた最終的な時間分解能は  $41.2\text{ps}$  となった。この時間分解能が MEG 実験での値である  $107\text{ps}$  から大幅に改善したことで、 $\mu^+ \rightarrow e^+ + \gamma$  の探索感度の向上が見込まれる。実際に、得られた分解能を元に  $\mu^+ \rightarrow e^+ + \gamma$  の探索感度の見積もりを行なった結果、3年間の実験で現在の制限よりも約一桁小さい  $6 \times 10^{-14}$  の分岐比まで探索できることがわかり、新たな高性能検出器の開発により、新物理探索が可能な領域を大きく広げることに成功したことが示された。

本論文に述べられている MEG II 検出器は国際共同研グループにより開発されたものであるが、本論文の主要なテーマであり、実験の実現に不可欠なタイミングカウンター測定器に関しては、設計の最適化、ビームテストによる基本設計の検証、実機の建設、パイロットランのデータ収集および解析にわたるまで論文提出者が主体となって開発したものであり、論文提出者の寄与およびオリジナリティが十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。