

The final result of $\mu^+ e^+$ search with the MEG experiment

その他のタイトル	MEG実験による $\mu^+ e^+$ 探索の最終結果
学位授与年月日	2016-07-25
URL	http://doi.org/10.15083/00075177

論文審査の結果の要旨

氏名 金子 大輔

本論文は10章からなる。第1章はイントロダクションであり、素粒子物理学における本実験の動機について述べられている。これまでの測定の歴史的な背景や、同様の物理に感度を持つ実験との関係が述べられている。第2章は実験セットアップの記述であり、陽子ビームを用いたミュオン粒子生成の過程から、実験室へのビーム導入という基本的なことから、電磁石と検出器群の構成が詳述されている。第3章では、事象再構成について述べられている。光子検出について、陽電子検出について、飛跡の再構成、時間測定、また、背景事象となってしまう飛行中消滅事象についても記述されている。第4章は検出器群の較正過程とその結果に費やされている。液体キセノン検出器のエネルギー較正、ドリフトチェンバーの位置較正、標的の位置および歪みの測定、ドミノ・リング・サンプラーの時間と電圧情報について、実データと較正用データを用いてしっかりと理解を深めたことが見て取れる。第5章では、この実験の要となる、時間測定、光子・陽電子のエネルギー測定、位置と相対的な角度の決定などが記述されている。第6章では、実験の遂行状況についてまとめられている。検出器の調整を主眼とした期間、またほぼ毎年行われた実験の改善点をもとに、5つの期間に分けて実験が行われ、合わせて約400日間にわたって行われたデータ収集について述べられている。第7章では、物理解析について述べられている。解析手法として最尤法を採用し、目的とするミュオン粒子稀崩壊過程の分岐比に対する制限を与えた。本論文においては、Feldman-Cousinsの統計手法を用いて、検出器のパフォーマンスについての理解、また考えられる系統誤差を考慮した数多くの擬実験を計算機上で行うことで統計的な信頼レベルを決定している。確率密度分布としては、光子のエネルギー、陽電子のエネルギー、両者の時間差および相対角度を用いて構成したことなどが、それぞれの分布とともに記述されている。第8章では結果について述べられている。まず、稀崩壊過程の探索感度について結論を得ている。さらに信号領域の事象分布、それに対するフィットに基づき信号数は、ベスト値としてマイナス、誤差の範囲でゼロと一致する結果を得て、信頼度90%レベルの上限值を得た。値は、以前のデータセットに基づくも

のより若干悪くなっているが、これは主に標的の変形によるものと考えられている。第9章では、本実験の後継である MEG-II 実験について、今後の展望が述べられている。陽電子の飛跡再構成のためのドリフトチェンバーを完全に新装して、信号の同時性を保証するタイミングカウンターを細分化し、またアクシデンタルな背景事象低減のための **radiative decay counter** を新規導入することで、より強度の高いビームへの対応を可能にしている。これにより本論文で得られた結果を一桁以上向上する見込みであることが述べられている。最後に第10章で、本実験の最終結果として $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ の分岐比は、信頼度90%で 4.2×10^{-13} 以下であると結論している。これは、既に本実験から報告されてきた結果を包括した全統計に基づくものである。また、この実験以前に存在したロスアラモス国立研究所で得られた結果に対して、約30倍、向上した結果となっている。

本論文は、MEG 実験の最終結果を得るにあたり、データセット全体の見直しを行い、新たな知見を論文提出者が自ら見出して、それを反映させたものであり、その貢献は、十分であると判断する。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。