

# 論文審査の結果の要旨

氏名 西口 創

本論文は 11 章からなる。第 1 章は序章でありこの研究の背景が簡潔に述べられている。第 2 章ではさらに詳しくこの研究の理論的・実験的背景を説明している。第 3-5 章はこの研究を進めるための実験装置の説明にあてられ、特に第 5 章では論文提出者が開発・製作した測定器の詳細な説明が記述されている。第 6 章で実験装置をシミュレーションする手法を説明し、第 7 章では、検出器データから事象を再構成する方法を述べている。試験実験のデータを基に、第 8 章で測定器の較正手法を述べ、第 9 章でその試験データをもとに検出器の性能の評価を行っている。その結果により、第 10 章で今回完成した検出器が目標とする物理を行うに重要な性能を達成したことを論じ、第 11 章が全体のまとめとなっている。

本論文の主眼は、 $\mu^+$ 粒子が陽電子と光子に崩壊するという事象の探索を行うことを可能にする、きわめて独創的で高性能な陽電子の運動量測定装置（スペクトロメータ）を開発・製作できた点である。さらに、完成した装置の試運転の結果をもとに性能評価を行い、探索実験を進めるに十分な精度を得たことを検証している。

通常ミュー粒子は陽電子とミュー・ニュートリノと電子・ニュートリノの 3 体に崩壊し、ミュー粒子からミュー・ニュートリノへとレプトンフレーバーがよく保存されていることが実験的にわかっている。しかし、フレーバーが保存する理論的な強い根拠はなく、実際標準模型を超える理論では、世代を超えてミュー粒子が電子と光子に崩壊する可能性が論じられている。

これまでの実験ではこの分岐比は  $1.2 \times 10^{-11}$  以下であることが分かっており、それをさらに 1 桁以上よい精度での探索を目指して、国際共同実験 MEG が提案され、スイスの PSI 研究所で実験が行われることになっている。この崩壊過程を発見できた場合は、素粒子物理学において全く新しい地平が出現し、重要な結果となる。しかしこの実験を行うには、従来の検出器の組み合わせでは不十分であり、全く新しい方式の測定器開発が必要であった。論文提出者は、この実験に計画段階から参加し、この開発の主力となってきた。

この実験の鍵は、2 体崩壊して出てくる陽電子と光子をいかに精度よく測定できるかである。特に、複数事象が重なりあったものを一つの事象として見失ってしまう効果をどれだけ抑えられるかが重要になる。主には 2 つの高性能検出器の発明が必要であり、一つは光子の測定器(液体キセノン検出器)で、もう一つは陽

電子の検出器である。論文提案者は陽電子を検出するスペクトロメータを開発した。測定器との散乱による精度劣化をできるだけ少なくするために、全く新しい構造の、非常に物質量の少ない飛跡検出器を作ることができた。この検出器を特殊な磁場勾配を持つ磁石と組み合わせることで、探索する運動量領域のみを選択的にカバーする独創的な **COBRA** スペクトロメータが完成した。

2007年の試験実験でスペクトロメータの性能試験を行い、論文提出者が中心になって解析を行った。試験実験には何点かの問題があったことが判明したが、そのままでも2008年の本実験では分岐比  $10^{13}$  台まで探索できることを示した。その上、問題点の多くは単純に解決可能なものであるので、対策を講じれば、本実験で  $6.5 \times 10^{13}$  の分岐比まで探索可能であることを、シミュレーションとの綿密な比較を通して示した。

本論文は、国際共同実験グループ **MEG** での共同研究であるが、この研究に関しては論文提出者が主体となって進めている。論文提出者はこの研究を進めるにあたって、非常に重要な **COBRA** スペクトロメータのための飛跡検出器の開発を中心になって進めてきており、この貢献が、この重要な実験を実現するためには不可欠のものである。以上により論文提出者の寄与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。