

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 金光 俊一

論 文 題 目

ミュオン異常磁気能率のアノマリーを説明する素粒子模型の現象論

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士 (理学)	戸部 和弘
委 員	名古屋大学基礎理論研究センター	教 授	博士 (理学)	棚橋 誠治
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	博士 (理学)	原田 正康
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士 (理学)	居波 賢二

論文審査の結果の要旨

素粒子の標準模型は、物質の最小単位である素粒子の基礎法則を記述する理論である。その理論が予言していたヒッグス粒子も近年発見され、これからは標準模型を超える物理の検証が重要となる。

標準模型は成功を収めた理論であるが、ミュー粒子の異常磁気能率 ($\mu\text{on } g-2$) の精密測定による観測値と標準模型の予言値の間に食い違い (アノマリー) があることが指摘されている。このアノマリーは、もし標準模型の理論計算の不定性で説明できなければ、標準模型を超える理論を探るうえでの重要なヒントであると考えられる。 $\mu\text{on } g-2$ のアノマリーの大きさは標準模型の W 粒子や Z 粒子の量子効果と同程度であるので、それを新粒子で説明しようとする、その質量は W 粒子や Z 粒子と同程度の数 100GeV 程度であることが期待される。よってそのような新粒子は LHC 実験をはじめ現在や近い将来行われる実験で探索可能であることが期待され、今その現象論研究を行うことに意義がある。

申請者は、この $\mu\text{on } g-2$ のアノマリーが標準模型を超える理論によるものである可能性に着目し、 $\mu\text{on } g-2$ のアノマリーを説明できるモデルが持つべき本質は何であるかを明らかにした。まず申請者は、新粒子がミュー粒子と新たな湯川相互作用を持つ可能性を考え、 $\mu\text{on } g-2$ を説明しつつ電弱精密測定量と無矛盾な理論の領域を詳細な計算により示した。その結果、新粒子によって $\mu\text{on } g-2$ に寄与を与えるカイラリティー反転が起こされるメカニズムを持つモデルでは、アノマリーを比較的容易に説明できることが明らかになった。一方、そのようなメカニズムのないモデルは、軽い新粒子や大きな湯川結合定数が必要になり、電弱精密測定量からの制限を大きく受けることを示した。さらに、アノマリーを説明するためには数 100GeV 程度の比較的軽い新粒子が必要なことが定量的に示された。この新粒子は強い相互作用をもたないため現在の LHC 実験結果とは無矛盾であるが、さらなるデータ蓄積によって、今後、直接検出の可能性があると指摘した。また、ヒッグス粒子の崩壊過程への影響を計算し、ヒッグス粒子相互作用の精密測定の重要性を示唆した。さらに申請者は、このような大きなカイラリティー反転のメカニズムを持つモデルを拡張し、ニュートリノ質量や混合も説明できるモデルを考え、レプトンフレーバーの破れの現象 ($\mu \rightarrow e\gamma$ 等) を解析し、その観測可能性を示した。

以上のように申請者は、大きなカイラリティー反転、という $\mu\text{on } g-2$ のアノマリーを説明できるモデルの持つ本質を明らかにした。これまで多くのモデルでこの本質は明示されておらず、モデル構築の進展に寄与する成果として高く評価できる。さらに、このアノマリーの説明のため比較的軽い新粒子の必要性を明らかにし LHC 実験での検出の可能性を示したことにより、LHC 実験における強い相互作用をしない新粒子探索の重要性の認識を広めた点でも、大変意義のある成果と言える。以上の理由により、申請者は博士 (理学) の学位を授与されるに相応しいと認められる。