

## 別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

## 主 論 文 の 要 旨

論文題目 ミュー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

氏 名 金光 俊一

## 論 文 内 容 の 要 旨

素粒子標準模型は電弱スケールまでの物理現象を非常に良く説明する理論である。さらに近年、Large Hadron Collider (LHC)実験で ATLAS と CMS によって 125GeV 程度の新粒子が発見され、現在までのところ、この新粒子の特性は標準模型の Higgs 粒子と無矛盾である。Higgs 粒子の発見によって標準模型は完成されたが、一方で、標準模型では説明できない現象もいくつか知られている。中でも、ダークマターの存在やニュートリノの質量はその確かな証拠であり、これらの現象を説明するには標準模型の拡張が必要である。

それに加え、精密測定実験による標準模型の検証からも、いくつか標準模型の予言と実験結果との食い違い(アノマリー)が指摘されている。その中でも、ミューオンの異常磁気能率(ミューオン  $g-2$ )は、標準模型の理論値と実験値との間に  $3\sigma$  程度の比較的大きな不一致があることが指摘されている。この不一致の大きさは、電弱ゲージボソン(W ボソン、Z ボソン)による量子補正と同じ程度であり、もし新粒子が電弱ゲージ結合程度の強さでミューオンと相互作用していると仮定すれば、新粒子の質量は電弱スケール程度であることが期待される。

ミューオン  $g-2$  のアノマリーが指摘されて以来、まず既に知られている標準模型を超える物理(例えば超対称標準模型(MSSM)、リトルヒッグス模型など)の枠組みで、このアノマリーの説明が試みられてきた。その結果、MSSM などの模型ではうまく説明できる可能性があることが分かっていた。しかしこれまでの研究では、ミューオン  $g-2$  のアノマリーを説明できる模型の本質は何か、あまり明らかではなかった。そこで、本研究は新しい相互作用を標準模型に加え、そのミューオン  $g-2$  への効果を調べるというボトムアップ的なアプローチから、その本質を明らかにすることを試みた。本研究の目的は、ミューオン  $g-2$  のアノマリーを説明する模型が持つ特徴を明らかにし、そのような模型の現象論的解析を行うことである。

本研究では、ミューオン  $g-2$  に寄与する新しい相互作用として、具体的には、ミュー

オンが新しい湯川相互作用をもつ模型を詳しく解析した。例として、「1.右巻きのミュオンのみが新しい湯川相互作用をもつ模型」、及び、「2.右巻き左巻き両方のミュオンが新しい湯川相互作用をもつ模型」、の2つ模型を考察した。その結果、ミュオン  $g-2$  の寄与を生じさせるのに必要なカイラリティーの反転がミュオン  $g-2$  の1ループダイアグラムの外線のミュオンで起こる、「1.右巻きのミュオンのみが新しい湯川相互作用をもつ模型」では、比較的大きい湯川結合定数と電弱スケール以下の新粒子を必要とすることが分かった。さらに、このような模型は Z ボソンとミュオンのヴァーテックス補正に影響を与えるため、電弱精密測定からも制限を受けることが分かった。

一方で、ミュオン  $g-2$  の寄与を生じさせるのに必要なカイラリティーの反転が内線の新粒子で起こる、「2.右巻き左巻きの両方のミュオンが新しい湯川相互作用をもつ模型」では、外線のミュオンでカイラリティーを反転させる場合に比べて大きいミュオン  $g-2$  の寄与が得られるため、より容易にミュオン  $g-2$  のアノマリーを説明できることが分かった。さらに、このような模型は電弱精密測定とも無矛盾であることを示した。以上の解析から、ミュオン  $g-2$  のアノマリーを説明する模型にとって重要な性質は、「ミュオン  $g-2$  を生じさせるのに必要なカイラリティーの反転が新粒子で起きる構造」であることを示した。

さらに本研究では、このようなカイラリティーの反転が内線の新粒子で起こる素粒子模型の例として、輻射補正を通してニュートリノに質量を与える模型(輻射シーソー模型)を考え、ニュートリノの質量と混合の実験による制限から、そのレプトンフレーバーの破れの過程( $\mu \rightarrow e \gamma$ )を調べた。特に、ミュオン  $g-2$  と  $\mu \rightarrow e \gamma$  の有効演算子はフレーバーの構造を除いて同じであることから、ミュオン  $g-2$  の寄与と  $\mu \rightarrow e \gamma$  の過程の事象率には相関がある可能性が分かり、この模型のもつフレーバー構造に対して制限を与えることを明らかにした。

また本研究は、このようなミュオン  $g-2$  を説明する模型のヒッグス粒子の崩壊への影響、ならびに LHC 実験での直接生成の可能性を研究した。特に、このような模型では QED 電荷をもつ新粒子がヒッグス粒子と結合するため、 $h \rightarrow \gamma \gamma$  のヒッグス粒子の崩壊過程に影響する可能性を研究した。そして LHC 実験における新粒子の直接生成についても議論し、それらのシグナルイベントの数は無視できず将来の LHC 実験で発見が期待されることを示した。