

## 別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

## 主 論 文 の 要 旨

論文題目      ミュー粒子異常磁気モーメントを説明する  
 $L_{\mu} - L_{\tau}$  ゲージ模型の現象論  
氏      名      猪狩 貴史

## 論 文 内 容 の 要 旨

物質を構成する素粒子や、その間に働く相互作用を解明することは素粒子物理学の目的である。1970年代に理論的に確立された標準模型は電弱スケールにおける素粒子現象に関する多くの実験事実を説明することができる。また、2012年に大型ハドロン衝突型加速器 (Large Hadron Collider、LHC) で標準模型に含まれるヒッグス粒子と無矛盾な新粒子が発見されたことにより、標準模型は実験的に立証された。

一方で暗黒物質の存在や階層性問題など標準模型では説明のつかない問題も知られており、これらを説明することができる標準模型を超えた新しい素粒子模型を構築、発見することは素粒子物理学における大きな目標の一つとなっている。本論文ではミュー粒子異常磁気モーメントの標準模型の予言値と実験による測定値のずれに着目した。現在知られているずれの大きさは約 100 GeV の質量を持つ電弱ゲージ粒子の寄与と同程度である。このため、もしミュー粒子の異常磁気モーメントのずれが標準模型には含まれない新粒子の量子効果に起因するならば、その新粒子は比較的軽い  $O(100)$  GeV の電弱スケールに存在しているべきである。この質量領域は LHC 実験によって到達可能であるため、ミュー粒子の異常磁気モーメントのずれに基づく新模型、新粒子の現象論は注目されている。

本論文では標準模型を超える新しい素粒子模型として、標準模型に新たに  $U(1)_{L_{\mu} - L_{\tau}}$  ゲージ相互作用を加えた  $L_{\mu} - L_{\tau}$  ゲージ模型について考察した。

$L_\mu - L_\tau$  ゲージ模型は新しいフェルミ粒子を導入することなくアノマリーを相殺することのできる、標準模型を最小限に拡張する模型として関心高い。本論文では、この模型に含まれる新しいゲージ粒子 ( $Z'$  粒子) の発見可能性や模型に含まれるパラメータ領域の制限について詳しく調べた。

まず、ミュー粒子異常磁気モーメントのずれと電弱精密測定よりゲージ結合定数 ( $g_{Z'}$ ) と  $Z'$  粒子質量 ( $m_{Z'}$ ) の好ましい領域を特定し、LHC 実験を想定した解析を行った。 $L_\mu - L_\tau$  ゲージ模型の新しい相互作用は第 2、第 3 世代のレプトンのみ働くという特徴から、特に  $Z'$  粒子に感度のある過程として  $pp \rightarrow 4\mu$ 、 $pp \rightarrow 2\mu 2\tau$  について詳細なシミュレーションを行った。現在までに行われた  $pp \rightarrow Z \rightarrow 4l$  過程の実験結果から  $g_{Z'} = 0.3$ 、 $m_{Z'} = 60$  GeV の場合には既に排除されていることを示した。また  $Z'$  粒子の質量が  $Z$  粒子の質量 ( $m_Z$ ) と同程度である場合に  $L_\mu - L_\tau$  ゲージ模型に対してより感度があるカットを提案した。このカットによって  $(g_{Z'}, m_{Z'}) = (0.3, 80 \text{ GeV})$  の場合にも既に制限され始めていることを示した。さらに、重心エネルギー 14 TeV を想定した将来実験についても解析した。 $m_{Z'} \sim m_Z$  の場合には、 $Z$  粒子による標準模型の背景事象が大きくなるために  $Z'$  粒子のシグナルを捕えにくい。しかしながら、積分ルミノシティが  $3000 \text{ fb}^{-1}$  まで蓄積されれば、 $pp \rightarrow 4\mu$ 、 $pp \rightarrow 2\mu 2\tau$  の両プロセスで  $g_{Z'} = 0.3$ 、 $m_{Z'} \leq 100$  GeV の  $Z'$  粒子の存在を検証できることを示した。

また、ニュートリノライデントプロダクション ( $\nu_\mu N \rightarrow \nu_\mu \mu^+ \mu^- N$ ) が  $L_\mu - L_\tau$  ゲージ模型に対して制限を与えるという最近の研究を受けて、その制限の弱い  $Z'$  粒子が軽い領域、 $m_{Z'} \leq O(100)$  MeV でも解析を行った。このような  $Z'$  粒子が軽い場合にはゲージ場の運動項の混合が重要となる。本論文では例としてツリーレベルで運動項の混合が無い場合を考慮した。運動項の混合はツリーレベルでゼロであっても、量子効果により有限な量を持つ。これに対してダークフォトン探索の制限を応用し、ミュー粒子の異常磁気モーメントのずれを説明するパラメータ領域を明らかにした。

以上の解析によって、本論文ではミュー粒子の異常磁気モーメントを説明することができる  $L_\mu - L_\tau$  ゲージ模型の広いパラメータ領域が検証可能であることを示し、ミュー粒子の異常磁気モーメントの標準模型予言値と測定値のずれという問題に対して間接的にアプローチし、解決できる可能性があることを明らかにした。