

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2010

課題番号：19540322

研究課題名(和文) レプトン異常磁気能率への量子電気力学からの寄与

研究課題名(英文) QED contribution to the anomalous magnetic moments of lepton

研究代表者

仁尾 真紀子 (Nio, Makiko)

独立行政法人理化学研究所・川合理論物理学研究室・仁科センター研究員

研究者番号：80283927

研究代表者の専門分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：電子 ミュー粒子 量子電気力学 異常磁気能率 摂動計算 微細構造定数

1. 研究計画の概要

本研究ではレプトン粒子である電子とミュオン粒子の異常磁気能率に関する理論的な研究を行う。

レプトン粒子の異常磁気能率はそのほとんどの寄与を量子電気力学の摂動計算によって説明できる。現在の実験の精度と同程度の精度で理論値を決定するためには、電子もミュオン粒子の場合も、摂動の10次の寄与を求める必要がある。10次の計算を完了することによって、レプトン異常磁気能率における、より高い精度での理論値と実験値の比較を行う。これによって量子電気力学理論、さらに素粒子の標準模型の検証を行い、新しい物理現象への窓口の探索を可能とする。

また、理論値と実験値から、微細構造定数やレプトンの質量比などの基礎物理定数の決定へ貢献する。

2. 研究の進捗状況

本研究では量子電気力学の摂動10次の項からレプトン粒子の異常磁気能率への寄与を求める計算を行う。10次の寄与は頂点関数のファインマン図にして12672個ある。これらは32のゲージ不変なセットに大別することができる。これらのすべてのセットからの寄与を計算し、1%の誤差で10次の寄与を電子とミュオン粒子それぞれにおいて決定することが目標である。

この計算を可能とするために、数値計算の手法を採用したが、その数値計算プログラム自体を製作するアルゴリズムを開発した。これによって、膨大なプログラム群を人為的なミスなくしかも高速に製作できるようになった。

この自動化システムを活用し、また、自動

化に適さない特殊な構造を持つファインマン図のセットでは複数の共同研究者間で手製プログラムを相互検証するなどし、32セットすべてのプログラムを完成させることができた。

これらのプログラムを実行させ、数値計算の結果を得るためには、多大な計算機資源が必要である。2009年8月までは理研のRSCCシステムを、2009年9月からは理研のRICCシステムを利用し、計算を実行している。もっとも計算資源を要し数値計算の困難である光子5個からなる補正項のセットも、RICCに移行してからは4倍精度計算が高速に行えるようになり、順調に計算が進捗するようになった。

現在まで32セットのうち、結果を未発表のものも含めて、31セットにおいて電子およびミュオン粒子への異常磁気能率の寄与を決定できている。残り1セットについては数値計算の進捗とともに、解析的な計算の詰めが最終段階に入っている。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

当初研究計画の通り、本研究の実施期間内に10次の異常磁気能率の寄与を決定できる目処がついたため。

4. 今後の研究の推進方策

10次の32セットのうち、20セットはすでに結果を公表している。残りのうち5セットについては検証を終えた。6セットについては検証が引き続き行われている。残り1セットは数値計算の改良と、解析計算の詰めが残っている。これらの残りの仕事を終えて、本年中にすべての値を公表する予定である。

5. 代表的な研究成果
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- 1) Tenth-order lepton $g-2$; contribution form diagrams containing sixth-order light-by-light-scattering subdiagram internally, T. Aoyama, K. Asano, M. Hayakawa, T. Kinoshita, M. Nio, and N. Watanabe, Phys. Rev. D81, 053009(2010)[7pages]. 査読有
- 2) Tenth-order lepton anomalous magnetic moment: Second-order vertex containing two vacuum polarization subdiagrams, one within the other, T. Aoyama, M. Hayakawa, T. Kinoshita, and M. Nio, Phys. Rev. D78, 113006(2008)[7pages]. 査読有
- 3) Eight-order Vacuum-polarization function formed by Two Light-by-light scattering diagrams and its contribution to the tenth-order electron $g-2$, T. Aoyama, M. Hayakawa, T. Kinoshita, M. Nio, and N. Watanabe, Phys. Rev. D78, 053005 (2008)[14pages]. 査読有
- 4) Automated calculation scheme for α^n contributions of QED to lepton $g-2$: New treatment of infrared divergence for diagrams without fermion loops, T. Aoyama, M. Hayakawa, T. Kinoshita, and M. Nio, Nucl. Phys. B796, 184-210, (2008). 査読有
- 5) Revised value of the eight-order QED contribution to the anomalous magnetic moment of the electron, T. Aoyama, M. Hayakawa, T. Kinoshita, and M. Nio, Phys. Rev. D77, 053012 (2008)[24 pages]. 査読有

[学会発表] (計 7 件)

1) 青山龍美「電子異常磁気能率へのQED高次補正効果」日本物理学会、シンポジウム講演、2009年9月10日、甲南大学。

2) 青山龍美、早川雅司、木下東一郎、仁尾真紀子、「10th-order QED contribution to electron $g-2$:progress report」日本物理学会、2009年3月29日、立教大学。

3) 浅野克行、早川雅司、渡邊矩章「光光散乱を内部に含んだダイアグラムの電子異常磁気能率に対する寄与の計算」日本物理学会、2009年3月29日、立教大学。

4) 渡邊矩章、浅野克行、青山龍美、木下東一郎、仁尾真紀子、早川雅司、「レプトン異常磁気能率に対する、光光散乱を含んだファインマン図の寄与の、5ループレベルでの決定に向けて」日本物理学会、2008年9月22日、山形大学。

5) 渡邊矩章、青山龍美、仁尾真紀子、木下東一郎、早川雅司、「2つの光光散乱を含んだファインマン図が与える、レプトン異常磁気モーメントへの寄与の解析」日本物理学会、2008年3月23日、近畿大学。

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]