

格子 QCD を用いたミュー粒子異常磁気能率のハドロン真空偏極の

計算

Hadronic vacuum polarization contribution to muon $g-2$ in lattice QCD

新谷 栄悟

筑波大学計算科学研究センター

1. 研究目的

格子 QCD 計算を利用して、素粒子原子核分野において注目されている、ミュー粒子異常磁気能率 ($g-2$) の第一原理計算を実施する。これまでの理論計算では、QCD に従う強い相互作用を取り入れた計算実行は困難であり、モデルを仮定した系統誤差の評価があいまいであった。したがって、今後のミュー粒子 $g-2$ に関する実験結果 (フェルミ国立研究所および JPARC における新しいミュー粒子 $g-2$ 測定) から標準模型の寄与を正確に記述するためには、モデルに依存しない第一原理計算が必要となる。そこで、本研究ではこれらの物理量を格子 QCD 計算から高精度で求めることで、将来の高強度実験との比較、標準模型の検証および、それを超えた新しい物理探索に重要なインプットとなる理論計算を与えることを目的とする。

2. 研究成果の内容

令和 2 年度の OFP を利用した格子 QCD 計算では、PACS グループが中心となって生成したゲージ配位 128^4 格子、格子カットオフ 2.3GeV 、 135MeV パイ中間子質量において統計精度を向上させた。等方格子における空間回転対称性を用いることで、同じゲージ配位上で独立したサンプルをとることができ、 $x y z$ 軸方向の回転を用いて 4 倍の統計数が得られる。

また、格子上の電磁カレントにかかる繰り込み因子の精度向上のために、RI-MOM スキームを用いた計算を行った。同じく 128^4 格子を用いることで、異なる運動量間の幅を小さくすることができ、繰り込みスキームで用いる領域内のデータ量を増やすことができた。

128^4 格子における統計精度を 2 倍にすることで、連続極限で必要となる十分な精度を達成できた。また、繰り込み因子の計算においては、運動量依存性を求める際に生じる系統誤差の大幅な減少につながった。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

格子 QCD を用いた現実的なクォーク質量をもつ 10fm^3 の大体積上でのモンテカルロ計算を実行するためには大規模並列計算が可能となる計算資源が必要である。学際共同利用によって、上記の計算実行が可能となり、これまでになく精度の理論計算の結果を提供することができるため、このプログラムの意義は大きい。

4. 今後の展望

今後は、 256^4 ゲージ配位を用いた連続極限を実施する。加えて、ベクトル型カレントの 2 点関数の構成上必要となる非接続ダイアグラムも同時に求める。このダイアグラムは全体の寄与としては小さいが、統計精度が向上すれば無視できない大きさとなる。非接続ダイアグラムをいかに効率的に遂行するかを今後系統的に調べる方針である。

5. 成果発表

- (1) 学術論文
- (2) 学会発表
- (3) その他

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース※	
		当初配分	追加配分
Cygnus	○	25,200	
Oakforest-PACS	○	240,000	240,000
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			