

課題名(タイトル):

格子 QCD を用いた素粒子現象論の研究

利用者氏名:

○新谷栄悟

理研における所属研究室名:

計算科学研究センター連続系場の理論研究チーム

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

本研究は素粒子現象論において標準模型の精密計算が要求される物理量について、格子 QCD を用いた第一原理計算からその厳密解を求めることを目的とする。具体的には、一つはミュオン異常磁気モーメント ($g-2$) のハドロンの寄与の計算、もう一つには陽子崩壊過程における QCD 寄与の計算の 2 点について、格子 QCD を用いた非摂動計算を試みる。これらの物理量は、標準模型とそれを越えた新しい物理に関する知見を得るために重要視されている。ミュオン $g-2$ に関しては、その精密計算と精密測定からすでに標準模型からのずれが見え始めている。現在のところ 3σ で実験値と標準模型計算との差があるが、それを 5σ まで追及して、その差を新物理の兆候として確定するためには、実験精度と共に理論に関する不定性の排除が求められる。格子 QCD は QCD に関する寄与を厳密に求めることができるため、これまでの e^+e^- 衝突実験をもとに現象論的評価で求められていたミュオン $g-2$ のハドロンの寄与の値と比較可能となる。それにより、理論値の信頼性を高められる。

一方で、陽子崩壊に関しては、大統一理論 (GUT) で知られている崩壊過程であり、実験では依然として未観測な現象であるが、神岡に建設予定の HyperKamiokande や他国の地下実験においても主要な物理量として注目されている。GUT は標準模型を内包して力の統一を预言する理論機構である。陽子崩壊はその貴重な証拠であり、これまでの観測から得られた陽子寿命の下限値 (現在は 8.2×10^{33} 年) は GUT を基本とした様々なモデルの選定に利用される。GUT モデルは、しかし、低エネルギー領域では標準模型からの寄与、特に QCD についてはカイラル摂動論を扱いその値を使って陽子寿命を導くが、その計算には大きな不定性が残っている。格子 QCD ではその不定性を取り除いた厳密値を求めることができるため、その値を提唱して GUT

预言の信頼性を高めることは重要となる。

2. 具体的な利用内容、計算方法

ミュオン $g-2$ では、ベクトル型相関関数の高精度計算、陽子崩壊においては核子-演算子-中間子の 3 点関数の計算が必要となる。これらのモンテカルロサンプリングは一般利用により求めて、このアウトプットデータを解析するために簡易利用の計算資源を用いた。大規模メモリサーバを用いて、統計処理と物理的に意味のある数値データを算出した。

また、本格的な計算実行のための前段階として、各テスト計算にも利用した。

3. 結果

一般利用の成果報告 (G18001 と G18024) に記述している各データ点を数値的解析により得ることができた。

4. まとめ

平成 30 年度簡易利用では、モンテカルロサンプルをインプットとした解析プログラムの実行とテスト計算の実行を行った。

5. 今後の計画・展望

今後も、今年度と同じような運用方法を用いていく。モンテカルロサンプルのデータサイズが大きくなることが予想されるので、より効率的な解析方法の開発も行っていきたい。