2019 年度　利用報告書

課題名(タイトル):8 フレーバーSU(2) ゲージ理論の相構造について

利用者氏名:〇金森　逸作(1)

理研における所属研究室名:(1)計算科学研究センター　連続系場の理論チーム

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

素粒子標準模型では、ヒッグス粒子は構造を持たないスカラー粒子として記述されるが、そのような粒子の質量は量子ゆらぎに対して一般には不安定で背後に何らかの別の理論が隠れている可能性がある。有力候補の一つに、ヒッグス粒子を(クォーク・反クォーク対からできた)中間子のように、フェルミオンの複合体だとして記述する模型(複合ヒッグス模型)がある。ただ、そのためには理論が(近似的に)スケール不変でなければならないことも知られている。どの理論がスケール不変かというのは非自明で、複合ヒッグス模型の記述のためにも、また純粋に理論的興味からも、これを明らかにすることは重要である。

本研究で扱う SU(2)ゲージ理論で基本表現のフェルミオン 8 個ある理論は、スケール不変な理論の候補であり、複合ヒッグス模型の記述に使える理論の候補である。この理論は、実際にウィルソン型と呼ばれる離散化を用いた格子シミュレーション(時空を格子状に離散化している)ではスケール不変性があるとの報告がある(V. Leino et al., 2017 など)。本研究の最終目的はスタッガード型と呼ばれる別の離散化を用いることで、この報告が離散化の詳細によらないことを確立することである。一方で、計算機に乗るように離散化した理論そのものにも豊かな相構造があることが分かっている。右図は、横軸が離散化した理論の結合定数(の逆数)、縦軸がカイラル凝縮という物理量で、様々な格子体積での結果である。β=1.4 付近でカイラル凝縮がゼロから有限になる転移が起きていることがわかるが、この転移の次数が問題である。離散化した理論の 2 次相転移点が連続時空での理論になるからで、目的のスケール不変な理論とは別の理論を構築できる可能性があるからである(目的の理論は β が大きい領域で記述)。本研究では、この相構造に焦点を絞りたい。

2.　具体的な利用内容、計算方法

モンテカルロ法で経路積分を評価することで、上記の相構造に関する物理量を計算する。この方法では場の配位を生成するステージ、生成した場を用いて物理量を計算するステージの大きく 2 段階からなるが、今回は既にある場の配位を用いたので後者の計算に Hokusai を用いた。計算する物理量にはカイラル感受率を選んだが、これは(離散化した)Dirac 演算子と呼ばれる疎行列の逆を反復法で計算し、それを組み合わせることで計算できる。計算機に載せる際には結合定数・フェルミオンの質量・離散化に用いた格子サイズ(以下、まとめてパラメータ)を指定する。相転移を調べるには、パラメータの値を少しずつ変え、100 前後のパラメータセットで計算する必要がある。

3.　結果

今回の簡易利用は 12 月後半からだったので、計算コードの開発・検証しかできていない。なお検証に用いている少数のパラメータに対する計算は実行できた。

4.　まとめ

多数のパラメータセットでの計算のうち、コードの検証に用いた一部のセットについて計算を進められた。

5.　今後の計画・展望

残りのパラメータについて、年度末～来年度前半にカイラル感受率の計算を行い、その体積依存性から相転移の次数を明らかにしたい。

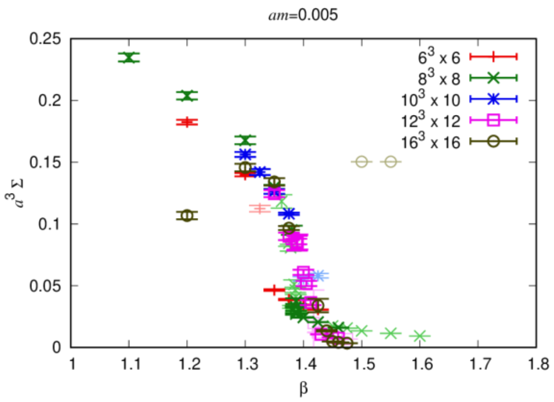

図:カイラル凝縮の様子(I.Kanamori and C.-J. Daivd Lin, 国際会議 Lattice 2019 での報告より)