

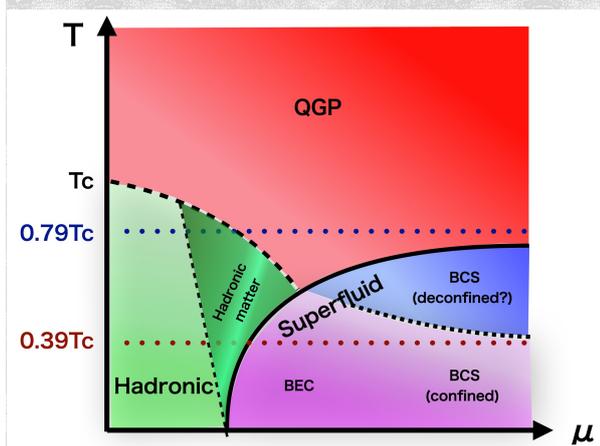
高密度領域まで適用可能なモンテカルロ法の開発と有限密度2カラーQCDの相図の決定

課題参加者：石黒克也(副代表)、伊藤悦子(理化学研究所)
 関連webページ <http://www.cc.kochi-u.ac.jp/~iida/katsuo.html>

Motivation

有限密度 2カラーQCDを調べ、
 現実の有限密度QCDの定性的な振る舞い
 に対して第一原理計算から知見を得る

- 核力のミクロな描像を与える「量子色力学(QCD)」の高密度下における性質を調べたい。
 (物理系の例: 高エネルギー実験、中性子星)
- QCDを記述するSU(3)ゲージ理論には「符号問題」があり、第一原理計算による研究方法は確立していない。
- SU(2)ゲージ理論は、toy modelになるが、符号問題が現れない！ゼロ密度では、カイラル対称性の破れ、閉じ込めなどQCDとよく似た性質を持つ



SU(2)QCDの有限温度・密度の相図
 (K.Iida et al., PTEP 2021 (2021) 013B05
 K.Iida et al., JHEP 2001 (2020) 181 より)

Simulation detail

昨年度まで

計算機:
 大阪大学 sx-ACE (ベクトル型計算機)
 Octopus (主にCPU群を利用)
 京都大学 xc40 (スカラー型計算機)
 並列化は、32MPIから512MPIまでを実行
 code自体は2048MPIまで動作確認を行った。

主なコード:
 ゲージ配位の生成コード (3種類を構築)
 (Rational) Hybrid Monte Carlo 法
 有限密度ハドロン質量スペクトルの測定コードの構築
 ゼロ密度ハドロン間相互作用の測定コードの構築

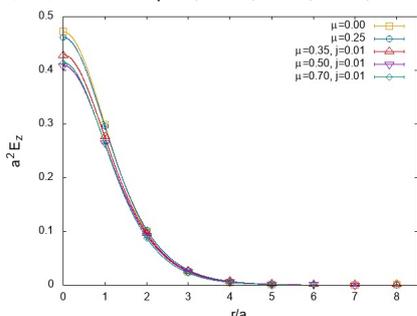
高速化の工夫:
 (i)MDでは、Omelyan integratorを利用
 (ii)行列固有値のヒエラルキーの緩和
 (Hasenbush preconditioning)
 (iii)非対角項が現れる系においての工夫
 (物理的な対称性を利用)
 (iv)コードの汎用性の拡大
 GPU用に書き換えと高速化

今年度

目標 :
 (i) 最も計算時間を使うRHMCコードのチューニング
 (ii) 有限密度領域のハドロン間相互作用の測定コードの構築

今年度進行中 (1)

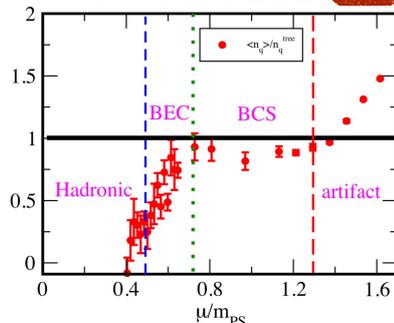
T=0.39Tcにおけるクォーク・反クォーク間のカラーフラックスチューブの予備的結果 ($a\mu=0, 0.25, 0.35, 0.50, 0.70$)



縦軸: カラー電場
 横軸: クォーク・反クォークを結ぶ軸からの距離

今年度進行中 (2)

T=0.39Tcでのクォーク数密度と対応する相



- (1) 有限密度領域での状態方程式の決定
- (2) ハドロンスペクトルの密度依存性の決定
- (3) ハドロン間相互作用の密度依存性の決定