

# 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

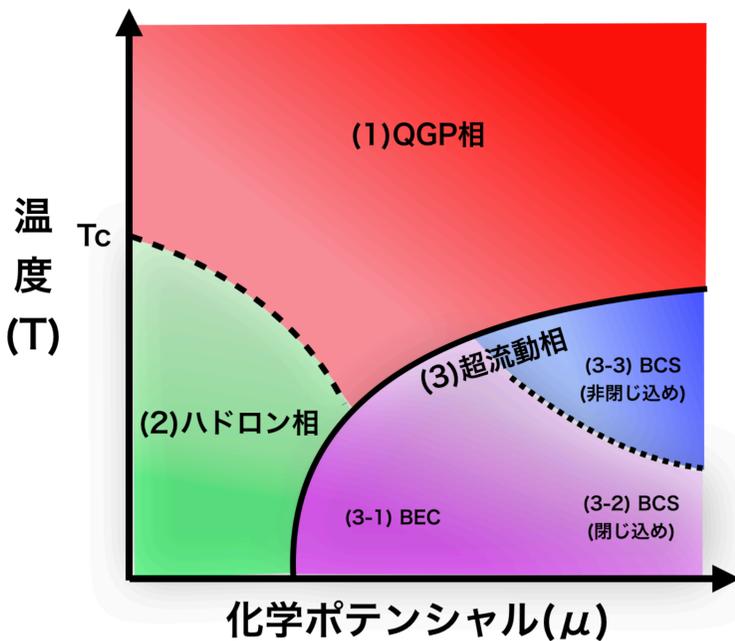


課題参加者：石黒克也(副代表)、伊藤悦子、李東奎(高知大学)  
 関連webページ <http://www.cc.kochi-u.ac.jp/~iida/katsuo.html>

## 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・密度の相構造予想図  
 (研究が進み昨年度までと図が変わりました)

## Simulation detail

計算機: 昨年度まで(EX17704, JH180042)

- 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

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

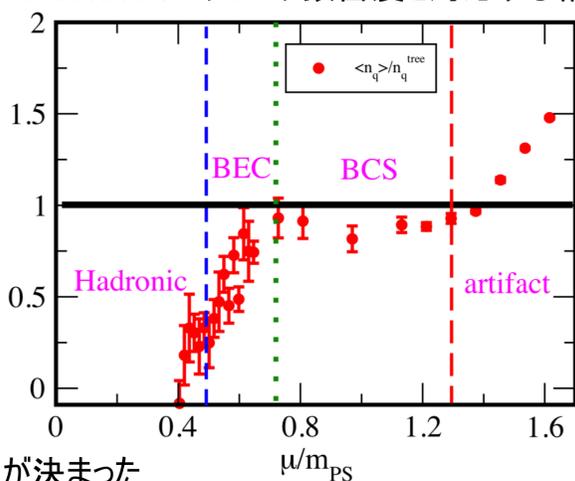
### 今年度

- 目標 :
- (i) 最も計算時間を使うRHMCコードのチューニング
  - (ii) ハドロン質量スペクトルの測定コードの構築
  - (iii) ハドロン間相互作用の測定コードの構築

- 結果 :
- (i) 大阪大、CMCのチューニング支援を受けて、sx-ACEで約2.5倍に高速化して頂いた
  - 主な変更点 --
  - ・複数回数実施していた転送を1回に集約
  - ・スカラー処理部分のベクトル化
  - ・スライドアクセスを連続アクセスへ変更

## Result (1)

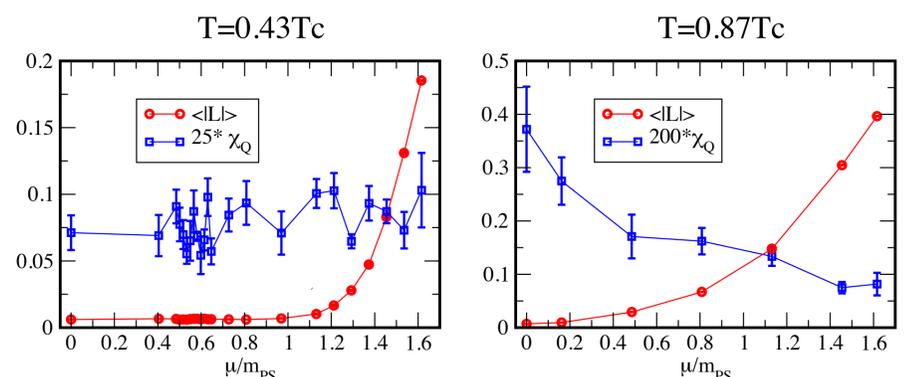
T=0.43Tcでのクォーク数密度と対応する相



- (i) 温度が決まった
- (ii) Wilson fermionでは初めて高密度の「artifact相」を発見 これにより予想図の(3-3)が低温にないとわかった

## Result (2)

超流動相におけるトポジカルオブジェクトの発見



- (i) 十分低温(T=0.43Tc)ではトポジカル感受率が密度によらない
- (ii) T=0.87Tcでは、T=0.43Tcと同じくTcより低温だが、感受率の密度依存性がある(低温領域に豊かな相構造を示唆)