



課題番号: jh200031-NAH

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

飯田圭 (高知大学)

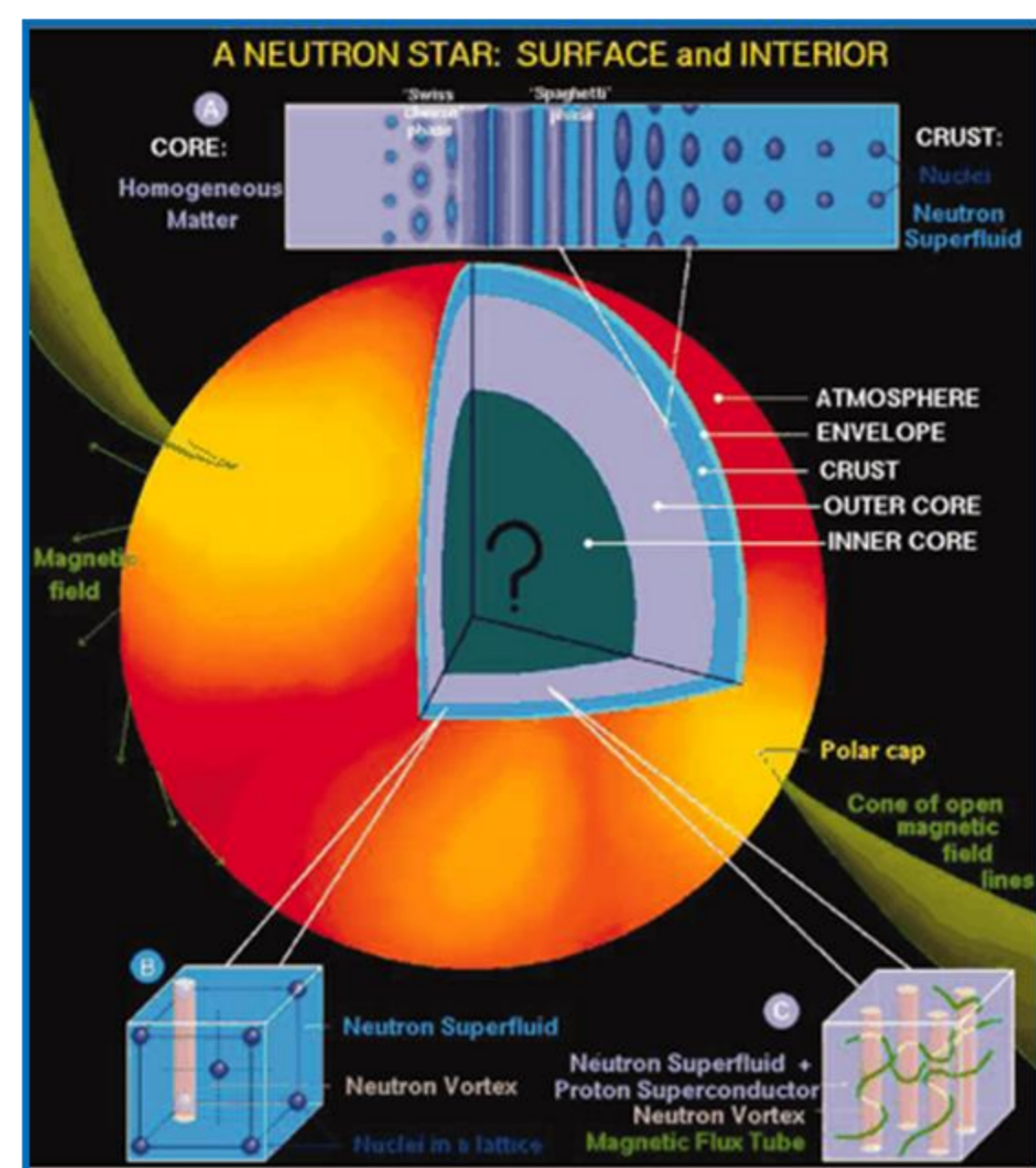
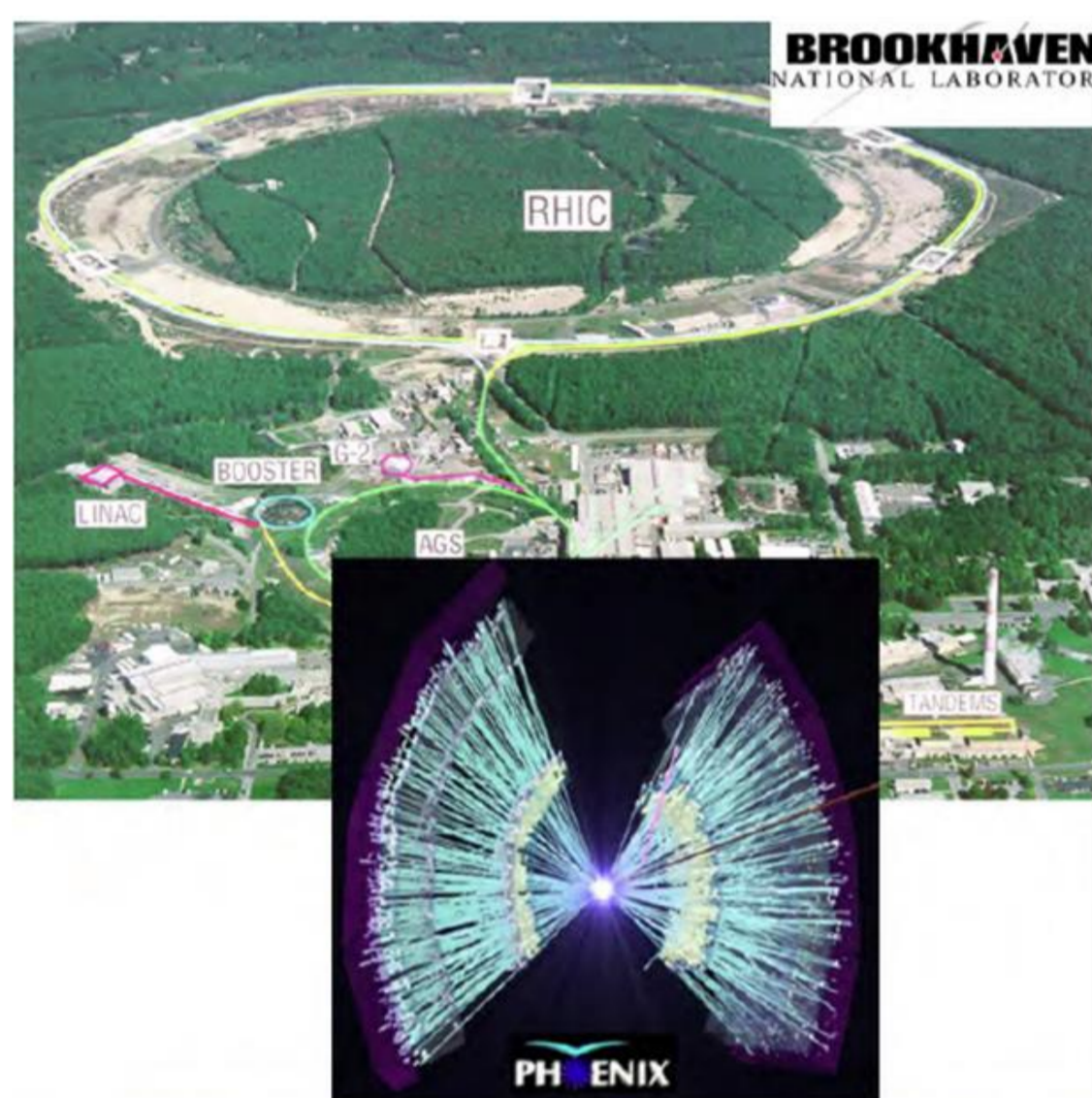
課題参加者: 石黒克也(副代表)、伊藤悦子、李東奎(高知大学)

関連webページ <http://www.cc.kochi-u.ac.jp/~iida/katsuo.html>

原子核のダイナミクスを記述する基礎理論であるQCDは、高密度下での性質がよくわかっていない。一方、2カラーQCDは、有限密度系でも符号問題を生じない上、現実のQCDと近い性質をもつ。我々はこの系に着目し、高密度領域で発現が予想されている超流動相を含め、相状態についての第一原理計算からの知見を得る。昨年度はプログラムのチューニングを行うとともに、相図やフラックスチューブの密度依存性について新しい知見を得た。今年度は継続してプログラムのチューニングを行うとともに、ハドロン質量、ハドロン間相互作用の密度依存性の解明を目指すとともに、スパースモデリング法の超流動密度測定への応用に向けての準備を行う。

研究の動機

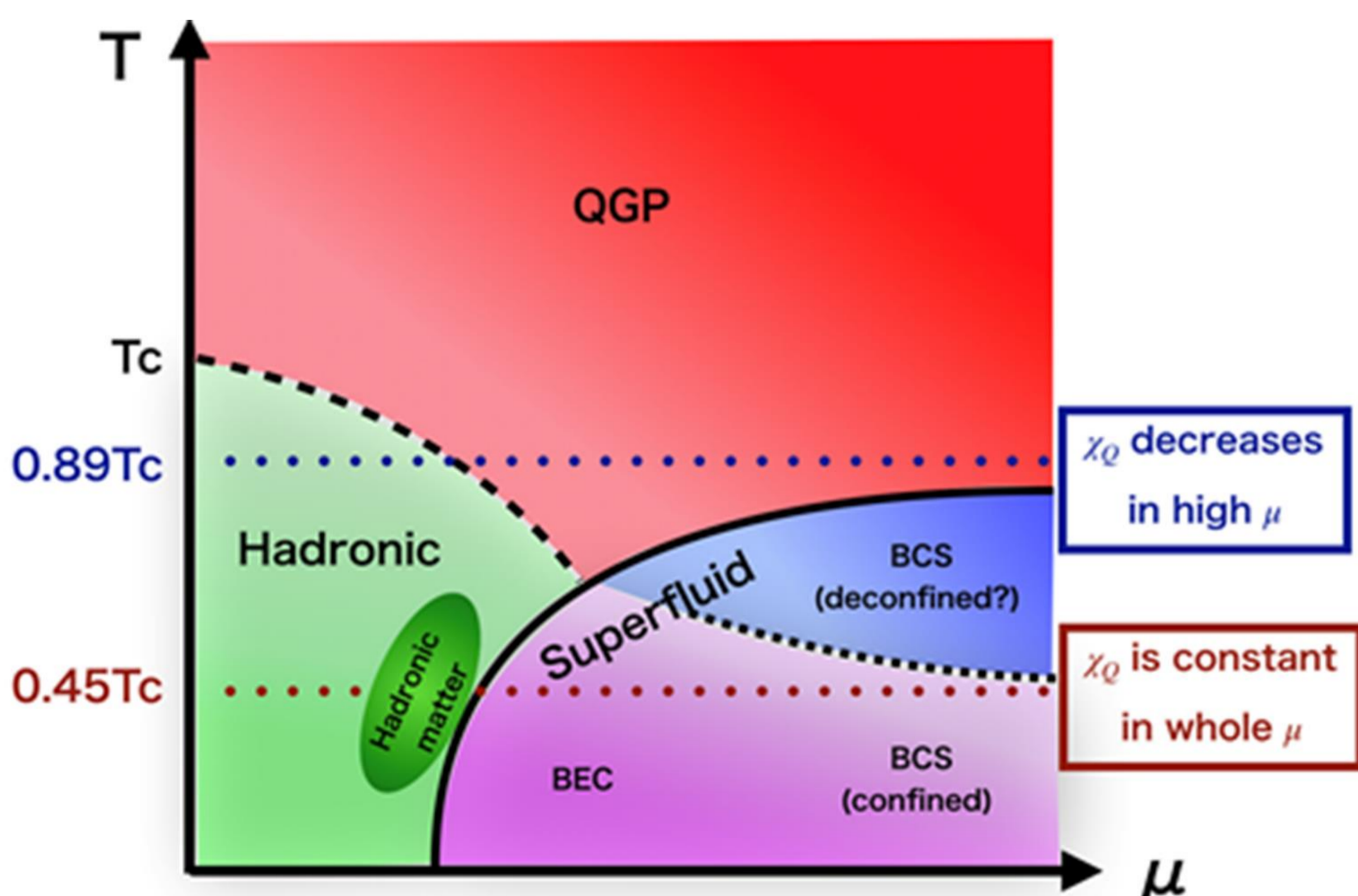
初期宇宙・高エネルギー重イオン衝突・中性子星に見られる極限物質



密度・温度を変えたときの状態変化は？
特に高密度になると超流動が出現する？

問題へのアプローチ

QCD: 原子核を構成する中性子や陽子の運動を記述する基礎理論
↓
興味ある密度・温度では構成粒子間の**結合が強い**
↓
第一原理計算は**有限密度系**では**符号問題**により困難
↓
現実のQCDと近い性質をもつ**2カラーQCD**に着目
↓
符号問題を回避できるセットアップ(2フレーバー)のもと、
格子上的第一原理計算による相図および各相の性質の解明



SU(2)QCDの有限温度・密度の相構造予想図 (Iida, Itou & Lee, JHEP 01(2020)181より。"Hadronic matter"の発見。イギリス、ロシアのグループと切磋琢磨中)

シミュレーションの詳細

昨年度まで(EX17704, jh180042, jh190029)

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1024MPIまでを実行。
コード自体は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 法に基づく)
- ・フラックスチューブ測定コード
- ・スパースモデリング法のコード

高速化の工夫(昨年度):

- トポロジカル電荷の測定に用いるgradient flow法のチューニング: 阪大CMCのご支援により、sx-ACEで約54倍の高速化を実現!
- Rational Hybrid Monte Carloコードのチューニング: 阪大CMCのご支援により、sx-ACEで約2.5倍の高速化を実現!

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

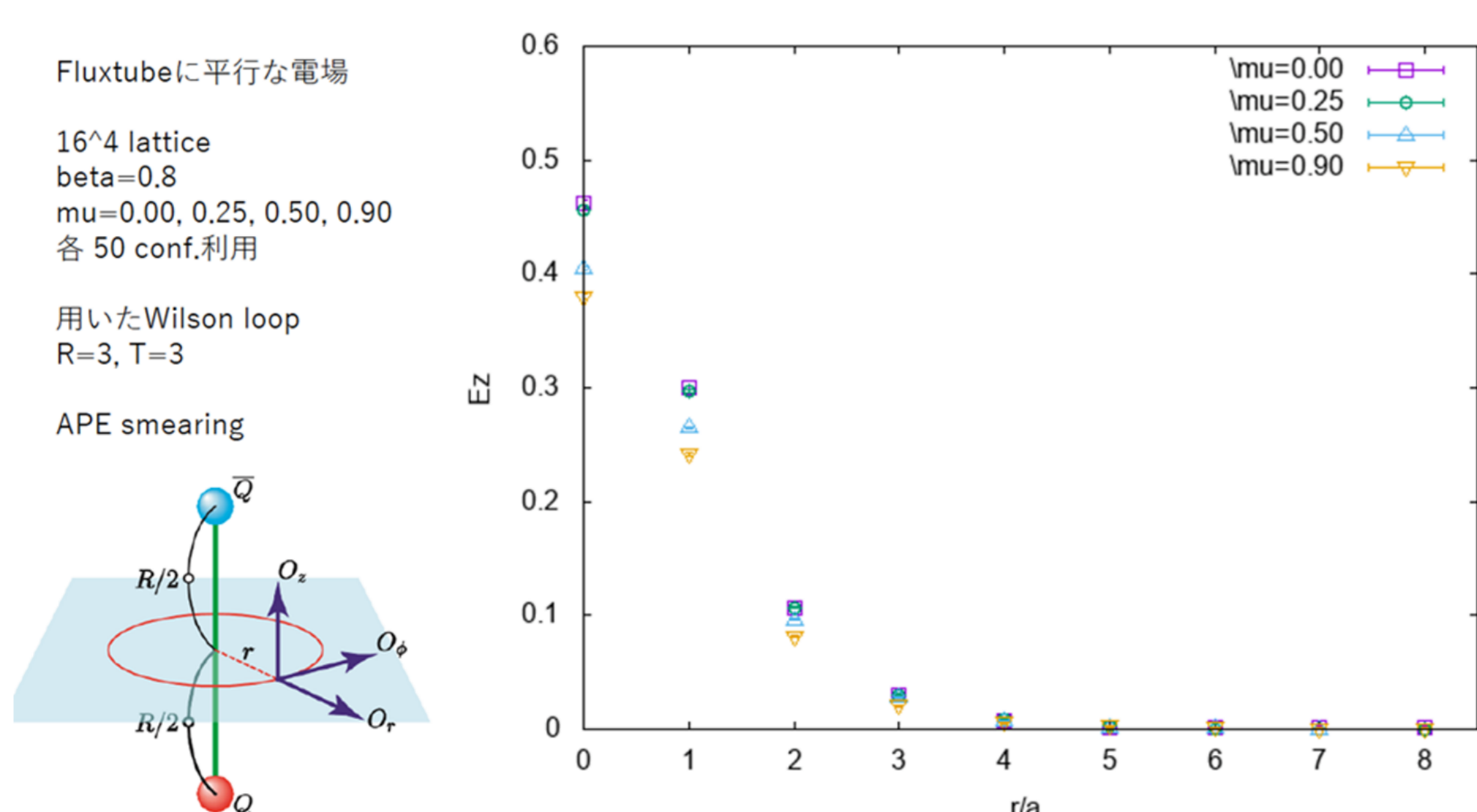
今年度(継続課題)

目標:

- 京大XC40で使用するプログラムのチューニング
- ハドロン質量スペクトルの測定コードの構築
- ハドロン間相互作用の測定コードの構築

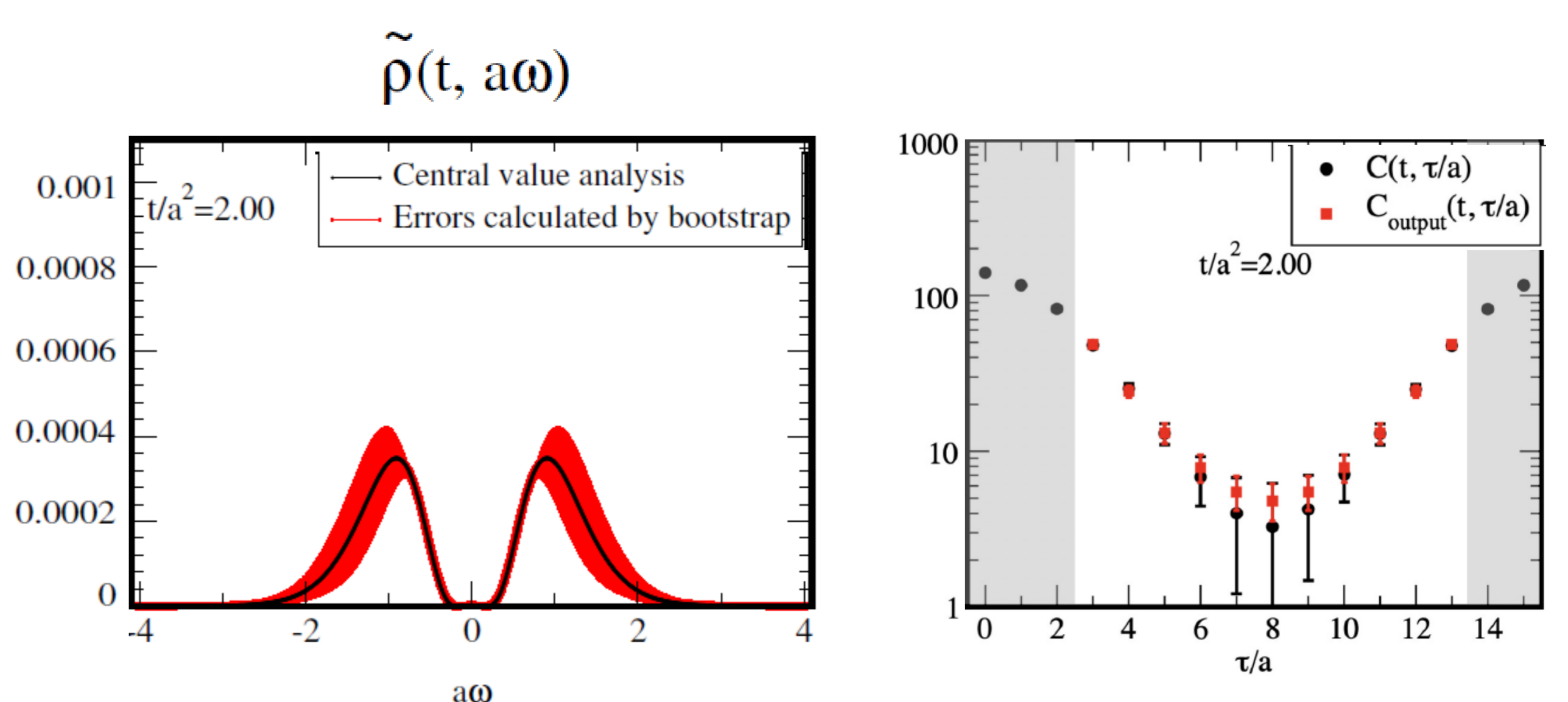
今年度進行中のテーマ

T=0.45Tc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 (aμ=0, 0.25, 0.50, 0.90)



縦軸: 左図上方向のカラー電場
横軸: クォーク・反クォークを結ぶ軸からの距離

スパースモデリング法によるスペクトル関数の推定(ずり粘性の例)



Itou & Nagai, arXiv:2004.02426 (to appear in JHEP)より。
インプットデータ: クエンチQCDのエネルギー運動量テンソルの相関関数(右図の黒データ)