

## 課題名 (タイトル) : Wigner 関数を用いた有限温度における量子色力学の研究

利用者氏名 : ○飯田英明\*  
 初田哲男\*\*  
 中村純\*\*

理研での所属研究室名 :

\*理論科学連携研究推進グループ(iTHES) 階層縦断型基礎物理学研究チーム

\*\*仁科加速器研究センター 初田量子ハドロン物理学研究室

<p>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</p> <p>量子色力学(QCD)は、原子核を構成する陽子・中性子のスケールで重要な「強い相互作用」を記述する理論であるが、その強結合性により解析的な研究が難しいため、格子 QCD と呼ばれる数値計算が一つの重要な研究手法となっている。我々は、Wigner 関数と呼ばれる、量子効果を含んだ粒子の“分布関数”を格子 QCD で計算することで、有限温度の QCD の性質を調べる。QCD はクォークとグルーオンと呼ばれる粒子で記述されているが、これらは低温では陽子・中性子等のハドロンに閉じ込められ、実験で観測されない。しかしながら、2 兆度程度の高温になると、これらの粒子は閉じ込めから開放され、クォーク・グルーオン・プラズマと呼ばれる状態になる。この転移に関し、いまままで注目されていなかった、粒子の分布と関連する Wigner 関数を通じて理解を目指す。格子 QCD 計算は大次元の多重積分をモンテ・カルロ法により行うため、HOKUSAI のような大きな計算資源が必要である。</p> <p>2. 具体的な利用内容、計算方法</p> <p>HOKUSAI は主にグルーオンの配位を作るために用いる。動的なクォークが数種類ある場合のグルーオンの配位生成を、高エネルギー加速器研究機構が中心となって作成した、Bridge++ と呼ばれる格子 QCD 計算の共通コード (<a href="http://bridge.kek.jp/Lattice-code/">http://bridge.kek.jp/Lattice-code/</a>) を用いて作成する。この共通コードには、ハイブリッド・モンテ・カルロ法という手法を使ってグルーオンの配位を作成するコードを含んでいる。これを用いて、有限温度での配位を生成する。HOKUSAI を使用する前のテスト計算では、Wigner 関数の</p>	<p>温度依存性が単調ではなく、複雑な依存性を示す可能性があることがわかっているので、特に相転移温度付近では細かく温度を変えながら計算する必要があり、これを実行する。この温度依存性より、粒子の分布関数の情報を抽出し、相転移に関する情報や、また (秩序変数に関しては) 相転移がないような場合 (例えばクォークが 2 種類存在するような場合) でも、何らかの特徴量、例えばパーコレーション的な転移が存在するかどうかを探る。</p> <p>3. 結果</p> <p>Bridge++ を HOKUSAI 上で実行しようとしたが、並列化して実行した際の動作に問題があった。しばらくその問題を解決しようと取り組んだが、その後 HPCI の計算機資源の公募に当選し (<a href="http://www.hpci-office.jp/?lang=jp">http://www.hpci-office.jp/?lang=jp</a>) (利用研究課題名「極限状態クォーク系の第一原理計算」、大阪大学サイバーメディアセンターの SX-ACE の計算時間を確保。SX-ACE はベクトル型計算機であるため、Bridge++ ではなく、ベクトル型計算機に特化したコードを使用して SX-ACE で計算を行った。そのため、最初の並列化における問題の解決への取り組み以降 HOKUSAI を使用しなかった。</p> <p>4. まとめ</p> <p>「強い相互作用」の数値計算を行うことにより、その有限温度の転移に関し、Wigner 関数の観点から研究を行う予定であったが、並列化の部分での動作の不具合および他の計算機資源を確保したことにより、HOKUSAI の使用はほとんどなかった。</p>
--	--

5. 利用がなかった場合の理由

3.4. で述べた通り、Bridge++の並列化の問題およびその後他の計算機資源が確保できたことによる。