

課題名 (タイトル) :

## Complex Langevin dynamics in a random matrix model

利用者氏名 : ○佐野 崇<sup>†</sup>, 藤井 宏次<sup>‡</sup>

所属 : <sup>†</sup>和光研究所 仁科加速器研究センター 理論研究部門 初田量子ハドロン物理学研究室

<sup>‡</sup>和光研究所 仁科加速器研究センター 素粒子物性研究部門 延與放射線研究室

### 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

強い相互作用の理論である量子色力学(QCD)は、低エネルギーでは強結合理論になっており、非摂動的な解析が必要となる。非摂動 QCD の解析方法として、QCD を格子に定義して、計算機シミュレーションによって解く手法がある。これを格子 QCD シミュレーションといい、これまでに大きな成功を収めている。ところが、ひとたび有限の密度が導入されると、シミュレーションに用いられる積分重みの確率解釈が破綻し、計算は著しく困難になる。この困難に対する多くのアプローチが存在するが、特に低温高密度においては本質的な解決策は見出されていない。

確率過程量子化に基づく複素ランジュバン法は、確率解釈を用いないという点において、これまでの計算手法とは一線を画す新たな計算法である。この方法では、理論の作用とノイズからなるランジュバン方程式を逐次的に解くことで定常解を求める。ところが、作用が複素数の場合には、ランジュバン法が正しい基底状態を与えるか否かについて、満足いく証明がない。

そこで我々は、厳密解の知られている、ランダム行列模型に注目した。この模型をランジュバン法で解き、数値解と厳密解を比較することで、手法の有効性を検討することを目的とする。また、手法の適用限界や、計算法の基礎づけに対する数値的な検証も、性質のよく分かっているランダム行列模型に対して行うことは理にかなっている。

### 2. 具体的な利用内容、計算方法

ランダム行列模型に対するランジュバン方程式を計算機上に実装し、シミュレーションを行った。ランダム行列のサイズ等、パラメータをいろいろに変え、シミュレーションした。また、ラン

ジュバンシミュレーションの正否を決めているとされる条件式についても、数値的な検証を行った。

### 3. 結果

得られた数値解と解析解に有意な差が現れるパラメータセットを発見した。また当該パラメータで条件式を計算した結果、条件式の破れは確認できなかった。すなわち、先行研究で提唱された条件式を満たしつつ、なおかつ数値解と厳密解が一致しないという例を発見したことになる。

### 4. まとめ

複素ランジュバン法を用い、ランダム行列模型の色々なシミュレーションを行った。厳密解と数値解が一致しない場合を発見したが、ここでは条件式は満たされている。このような例は先行研究では見つかっておらず、我々が始めて発見したものである。

### 5. 今後の計画・展望

我々の結果は、これまでの条件式では予見できない厳密解と数値解のずれを示している。したがって、これまでのものとは異なる、新たな正否判定条件式を構築したいと、我々は望んでいる。

また、期待値のサンプリング時にある種の重みをつけると、結果が解析解に近づくという発見が最近あった。これは、1次元積分の toy model で発見されたが、同じ計算をランダム行列模型に適用したコードを現在開発中である。

これらの計算結果が、QCD 符号問題の解決へとつながっていくと我々は確信している。

平成 24 年度 RICC 利用研究成果リスト

**【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】**

佐野崇、藤井宏次、菊川芳夫「有限密度ランダム行列模型に対する複素ランジュバン方程式」熱場の量子論とその応用, 京都, 2012 年 8 月.