

論文審査の結果の要旨

氏名 福嶋健二

本論文は5章からなる。第1章では、有限温度の量子色力学における $Z(3)$ 中心対称性とそのカラー閉じ込め現象との関係がまとめられている。第2章では、動的クォークが存在し、あらわに $Z(3)$ 対称性が破れた状況で、ポリアコフループの振るまいが格子量子色力学の強結合展開を用いて考察されている。第3章では、動的クォークが存在しても、カラー閉じ込め—非閉じ込め相転移を記述できると考えられていた従来の方法が、熱力学極限をとる事で破綻する事が示されている。第4章では、従来のものに代わる新たな方法として、系に大局的拘束をおく方法が提案され、強結合展開を用いてその有効性が議論されている。第5章では、結果のまとめと今後の展望が述べられている。

有限温度の量子色力学においては、系の温度上昇につれてカイラル対称性の回復と非閉じ込め相への移行という2つの相変化があることが、格子量子色力学の数値シミュレーションで分かっている。しかし、この2つの相変化の関係や、動的クォークが存在する場合の閉じ込め—非閉じ込め転移の定義など、いまだ理論的に明らかでない問題が存在する。

本論文で、著者はこれらの問題を中心対称性という観点から考察し、新しい大局的拘束を課す事により、これらの問題が解決できる可能性を示した。

著者は、まず従来 of 格子量子色力学の数値シミュレーションで、なぜポリアコフループとクォーク凝縮がほぼ同じ転移温度付近で変化するかの物理的理由を探るため、格子量子色力学の強結合展開で得られる有効作用を用いた解析をおこなった。その結果、低温（高温）ではクォークの有効質量が重い（軽い）ために、ポリアコフループへの遮蔽効果が小さく（大きく）、このためにポリアコフループの温度変化がクォーク凝縮の変化を直接的に反映

している事が示された。従来の方法では、動的クォークの存在で $Z(3)$ 対称性があらわに破れているため、ポリアコフープは正確な秩序変数の意味を持たないのに加えて、上で示されたようにポリアコフープの温度変化の物理的意味も、閉じ込め-非閉じ込め相変化というよりはカイラル転移を反映してものになっている。

動的クォークがあっても、閉じ込め-非閉じ込め相転移を記述できるような、新たな秩序変数として、ゼロ中心電荷への射影演算子を利用する方法が従来提案されてきたが、著者はこの方法で系の体積を大きくした熱力学極限をとると、射影演算子の効果が寄与しなくなり、この方法が破綻する事を、モンテカルロ数値シミュレーションを用いて具体的に示した。

更に著者は、閉じ込め-非閉じ込め相転移を記述できる新たな方法として、系全体の中心電荷を厳密にゼロにおくような大局的拘束条件を置く方法を提案した。格子量子色力学の強結合展開で得られる有効作用にこの拘束を課す事で、確かにポリアコフープが秩序変数となり、動的クォークがあっても閉じ込め-非閉じ込めの1次相転移が記述できる事が示された。更に、従来の方法と異なり、ポリアコフープの変化とクォーク凝縮の変化は連動していない事が示された。

本論文は、量子色力学における有限温度相転移の理論的解析に新しい物理的観点と新しい方法を導入しており、この分野の今後の研究を大いに促すと考えられる。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。