

論文審査の結果の要旨

氏名 早田智也

本論文は本文 6 章、付録 2 章よりなる。第 1 章は、論文全体の導入として、物性、ハドロン物理、冷却原子系におけるボーズ・アインシュタイン凝縮およびそでの量子渦の挙動が解説されている。第 2 章では、格子上の場の理論の簡潔なレビューが、第 3 章では格子上の場の理論の複素ランジュバン法によるシミュレーション方法が解説される。ここまではほぼ既存研究のレビューである。

以下が論文提出者の研究に基づくものである。まず第 3 章末には非相対論的 ϕ^4 乗理論の実際のシミュレーション結果が提示されるが、この系に複素ランジュバン法を適用したのはこの論文がはじめてであり、化学ポテンシャルがある閾値より低いときには凝縮がゼロでなければならないという所謂「Silver blaze 現象」が正しく再現された。

そして、第 4 章第 5 章が論文の本体である。第 4 章では、非相対論的 ϕ^4 乗理論において、外場として電場、磁場、系の回転を導入した場合のシミュレーションが行われ、凝縮が十分あり平均場近似が良い状況で渦の数が量子化されていること、また、凝縮がそれほどでない場合は渦の数の期待値が必ずしも整数でなく、揺らぎの大きいこと等がわかった。第 5 章では、同様の解析が相対論的 ϕ^4 乗理論においてなされた。第 6 章は全体のまとめとなっている。

一般に、理論の作用が正定値でないばあいは、通常モンテカルロシミュレーションはうまくいかず「符号問題」として悪名高い。複素ランジュバン法はそれを回避する可能性のある方法として近年注目されているが、主に QCD の文脈で実際のシミュレーションが行われており、本論文のようにボーズ・アインシュタイン凝縮に適用した先行研究は皆無であった。それを実際に行って、量子渦の振る舞いをみたこの研究は、新機軸を切り開いたものであり、今後のさらなる発展が大いに期待しうる。

なお、本論文第 4 章第 5 章は山本新氏との共同研究に基づくものであるが、論文提出者が要となって考察、議論を完成したもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。