

Title	Non-perturbative analysis of phase structure in SU(3) gauge theory
Author(s)	富谷, 昭夫
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52308
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (富谷 昭夫)

論文題名

Non-perturbative analysis of phase structure in SU(3) gauge theory
 (非摂動的手法を用いたSU(3) ゲージ理論の相構造の解析)

論文内容の要旨

The phase structure of gauge theory is one of the most fascinating subjects in particle physics. Because of its strong coupling feature, perturbation is not effective in general. Thus, non-perturbative approach is needed. In this thesis, we discuss the phase structure of SU(3) gauge theory through two different non-perturbative approaches.

In part 1, we discuss the fate of U(1)A anomaly in massless $N_f = 2$ QCD at finite temperature system using lattice simulation. U(1)A symmetry is a symmetry of massless QCD Lagrangian, however it is not reflected in the particle spectra, because of quantum anomaly. Although anomaly is an explicit breaking, there is a possibility, U(1)A may be restored above the critical temperature. Most of lattice studies reported negative results, except for the simulation with the overlap fermion, which has exact chiral symmetry. In this thesis, we show significant difference between the spectrum of domain-wall type Dirac operator and the overlap-Dirac operator, which have been believed that almost same Dirac operators. We also show a volume insensitive gap in the overlap-Dirac spectrum. This may suggest U(1)A is restored above the critical temperature at quark mass vanishing and thermodynamic limit.

In part 2, we discuss supersymmetric SU(3) gauge theory on $S^2 \times S^1$ in the context of the Hosotani mechanism by using the supersymmetric localization technique. The Hosotani mechanism is a mechanism, which breaks gauge symmetry by the Wilson line phase along compactified extra-dimension. The Wilson line phase is determined by the effective potential, which is calculated from the vacuum bubble of fermion and boson. The Hosotani mechanism does not occur in supersymmetric gauge theory in flat space-time because of cancelation between fermion and boson loop contribution. We calculate the effective potential by using the supersymmetric localization technique. Thanks to the curvature of S^2 , which couples to only scalar field, we obtain a nontrivial effective potential. We take large R-charge limit in order to consider symmetry breaking. As a result, we reproduce the effective potential as obtained by the perturbation and lattice simulation. This approach has some difficulties, we comment on these issues.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (富谷 昭夫)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授 細谷 裕
	副 査	教授 大野木 哲也
	副 査	教授 橋本 幸士
	副 査	准教授 緒方 一介
	副 査	助教 深谷 英則
論文審査の結果の要旨		
<p>非可換ゲージ理論は素粒子物理学の根底を支えるが、強結合領域では解析が難しく、相構造等、未知のことがおおい。本論文「Non-perturbative analysis of phase structure in SU(3) gauge theory (非摂動的手法を用いた SU(3)ゲージ理論の相構造の解析)」では、強い相互作用を記述する 4次元 SU(3)ゲージ理論 (QCD) における軸性 U(1) 対称性が有限温度で回復するかどうかを格子ゲージ理論で非摂動的に調べた。これまで、軸性 U(1) 対称性は量子論的に現れる軸性 U(1) アノマリ (異常項) で破れているため、その回復については、研究グループにより異なる主張がなされ、未解決の問題となっていた。本論文では、ほぼ零質量のフェルミオンが 2種ある場合、軸性 SU(2) 対称性が回復する転移点 (T_c) 近傍で、ディラック演算子の固有値スペクトルを格子ゲージ理論のシミュレーションで求め、零固有値付近でスペクトルにギャップが開くことを示し、軸性 U(1) 対称性が回復されることを強く示唆する結果を得た。解析では格子上でオーバーラップ・フェルミオンを用い、有限体積でドメインウォール・フェルミオンが誘起する誤差を回避した。軸性 U(1) 対称性の回復は、量子論的アノマリ (異常項) による対称性の破れの回復を意味し、理論的に興味深い。さらに、もう一つの例として、3次元 S^2 (球面) \times S^1 (円) 上の超対称 SU(3) ゲージ理論における AB 位相の有効ポテンシャルを超対称局所化の手法で評価し、化学ポテンシャルの値により細谷機構によるゲージ対称性の破れを示唆する結果を得た。本論文の SU(3)ゲージ理論の非摂動的解析の二つのアプローチは斬新で、かつ非常に有用であり、今後、この分野の発展に大きく寄与すると予想される。よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値のあるものと認める。</p>		