

実施報告書

1. 研究組織

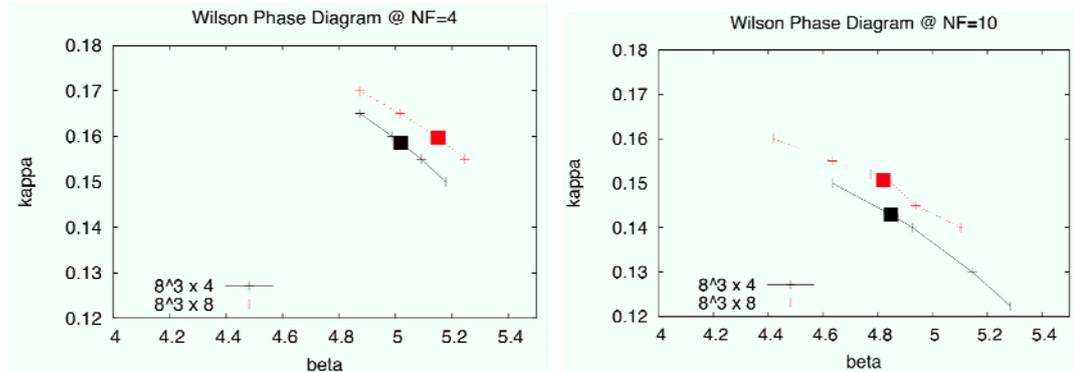
- 山田 憲和（やまだ のりかず）高エネ研素核研理論センター/総研大助教 [研究責任者]
配位生成、解析全般、現象論の研究、研究の統括
- 早川 雅司（はやかわ まさし）名古屋大学理学研究科准教授
シミュレーションコードの開発/チューニング、解析全般
- 石川 健一（いしかわ けんいち）広島大学大学院理学研究科准教授
シミュレーションコードの開発/チューニング、及び結合定数の計算
- 武田 真滋（たけだ しんじ）金沢大学理工研究域数物科学系助教
必要な摂動計算、理論的背景の研究、異常次元の計算
- 岩崎 洋一（岩崎 洋一）高エネ研監事、筑波大学名誉教授
解析、有効な計算手法の探索。
- 吉江 友照（よしえ ともてる）筑波大学計算科学センター准教授
シミュレーションコードの開発/チューニング、スペクトラムの解析

2. 研究課題の内容

LHCにおいてヒッグス粒子らしきものの発見が報告され、電弱相転移の具体的な機構の理論的解明が急務となっている。現在の素粒子標準模型が持ついくつかの問題点を自然な形で解決する模型にテクニカラー模型があるが、強結合ゲージ理論であるため、その模型の定量的な研究は未だ実験値と比較するレベルに到達していない。テクニカラーの具体的な模型にはいくつかの候補があり、その一つは多フレーバーQCDである。摂動論に基づく議論によると、フレーバー数を0から徐々に増やしていくと、あるフレーバー数のとき(漸近自由性が失われる前)に理論が赤外固定点を持ち、0温度でもカイラル対称性を保ち、閉じ込めも起こらない理論になることが予想されている。一方現象論の要請から、現実的なテクニカラー模型はこの臨界フレーバー数あたりで実現されていると考えられている。本研究では、現象論的に望ましいテクニカラー模型の特徴を備える具体的な候補を特定するために、まず臨界フレーバー数を有限温度相転移に注目して見極めることを目指す。

3. 当該期間の実施報告の詳細

臨界フレーバー数の決定にはいくつかの方法があるが、我々はまず格子理論のパラメーター空間上での相図を決定し、そのNT依存性を調べることでより連続極限において0温度がどういう相に属するかをフレーバー数を変えながら調べた。



上図は、NF=4と10のKappa-Beta平面の相図を示している。連続極限でNF=4はconfining, NF=10はconformalな理論になると予想されている。Kappaはフェルミオン質量を、 β は格子間隔 a を調節する格子シミュレーションにおけるパラメーターである。格子計算では温度 T は $T=1/(NT*a)$ (NT は、格子の時間方向の長さ)で現される。相転移温度 T_c は物理のダイナミクスで決まる定数であるため、この平面上の相転移点は NT を n 倍すると相転移線は $a' = a/n$ の格子間隔を持つ β へ移動する。漸近自由な理論では、 NT を大きくするとより大きな β へ相転移点は移動する。図中の線を境に左下は閉じ込め相、右上は非閉じ込め相である。黒線と赤線はそれぞれ $NT=4, 8$ の相境界である。 NT を大きくすると、フレーバー数に依らず相境界が右上に移動することが分かる。四角は、1次相転移とクロスオーバーの境界を現しており、四角より左側の線上で1次相転移である。重要なのは、線はNFに依らず右上に移動するが、四角の動き方がNF=4と10の間で大きく異なる点である。素朴には、 $T=0$ でconfiningで且つ連続極限で1次相転移を示すような理論であれば、四角は NT を大きくするとともに右に移動し、 $(\beta, \kappa) = (\infty, 0.125)$ へ徐々に近付くはずである。一方、(赤外固定点を持つ)コンフォーマルな理論の場合はそうはならず、四角は右に動かないことが予想される。 $NT=4 \rightarrow 8$ の変化に対し、NF=4の結果は予想通り、明らかに右に動いたことが分かるが、一方NF=10では上に移動しており、 β は殆ど変わら

ないことが分かった。このことは $NF=10$ がconformalであることと無矛盾である。

臨界フレーバー数にたいし明確な結論を得るためには、質量が非常に軽いダイナミカルフェルミオン(よりおおきな $Kappa$ での計算)の結果が重要となるとともに、より連続極限に近付くために、より大きな NT での格子計算が必要となる。