

報告番号 ※ 甲 第 1803 号

# 主論文の要旨

題名

平均場の方法による  
格子ゲージスカラー模型の研究

氏名 杉山 雄規

## 主論文の要旨

報告番号

※甲第

号

氏名

杉山 雄規

現在までに発見された、百数種に及ぶ素粒子の大部分は、強粒子によって占められており、それらは、'クォーク'と呼ばれる数種の基本構成子によって、統一的に記述されている。クォークは、高エネルギーでは、強粒子内で、自由に運動するという'漸近的自由性'を持ち、低エネルギーでは、ひも型のカで束縛されて、強粒子内に、'閉じ込め'られていると考えられている。このような、特徴的性質を持つカ学として、'量子色力学'(QCD)と呼ばれる非可換ゲージ理論が有力視されている。この理論では、クォーク間力は、'グルオン'と呼ばれる色電荷を持ったゲージ場との相互作用によって記述される。この理論は、可換ゲージ理論である量子電磁力学(QED)と大きく異なる性質を持ち、高エネルギーでは、ゲージ場の結合定数は小さくなり、逆に低エネルギーでは、大きくなるという特徴を持つ。したがって、漸近的自由性を旨く示しており、また、強粒子のひも描像やクォークの閉じ込めの性質をも説明できると期待されている。しかし、結合定数が大きいこの領域では、従来の扱

動手法は使えず、非擾動的な手法が必要である。その方法として、格子ゲージ理論が導入された。本論文では、この理論について議論が展開される。

格子ゲージ理論は、格子に分割された時空上にゲージ場を定義した場の理論である。格子ゲージ模型は、古典統計力学系の一つの模型と見做すことができ、その相構造の解析によって、ゲージ場の非擾動的真空の性質を調べる事ができる。最終的には、格子間隔をゼロにする極限をとり、連続空間の理論を構成するが、これは、格子間隔を固定した系では、相関距離が無限大の現象を見る事と同等である。したがって連続理論とは、系の持つ、二次相転移点での臨界現象に他ならない。この様にして、ゲージ場の非擾動性質を担った連続理論が得られる。この枠組に従い、ゲージ場とスカラー場の相互作用系について、主に平均場近似の方法による解析が行なわれる。

平均場の方法は、相互作用の寄与を平均化された背景場として近似するものであるが、相転移現象を調べる上での出発点となる。ゲージ・スカラー系に、この方法を適用する際には、スカラーポテンシャルの存在、各モードの相関、場の群表現の違い等に留意する。この模型には、 $\Omega(0)$ の真空を現わしていると思われる

荷電の閉じ込め相と、QEDの真空を現わしていると思われる。荷電自由相、及び、自発的対称性の破れにより、ゲージ場が質量を持つと思われる。Higgs相とが存在する事がわかる。これは、各真空を反映する異なる理論を与えると思われる。閉じ込め相とHiggs相が結合定数の強い領域で、解析的につながっている点は、この模型の特徴的性質だが、スカラーポテンシャルの結合が弱くなると、この性質が失われるという結果を得た。また、Higgs機構の起こる相転移について、ゲージ場のゆらぎによる相互作用効果を含めて解析し、この転移が一次になることを示し、Coleman-Weinberg機構についての知見を得た。さらに、ゲージ不変性に伴う平均場の方法の基本的問題に対して、平均場近似の改良手法を試み、定性的に満足できる結果を得た。