



Title	Dynamical chiral-symmetry breaking and the effect of the current quark mass in the dual Ginzburg-Landau theory
Author(s)	海勢頭, 聖
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41938
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	海 勢 頭 聖
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 8 6 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 11 年 6 月 30 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科 物理学専攻
学 位 論 文 名	Dynamical chiral-symmetry breaking and the effect of the current quark mass in the dual Ginzburg-Landau theory (双対ギンツブルグ-ランダウ理論におけるカイラル対称性の自発的 破れとカレントクォーク質量の効果)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 土岐 博 (副査) 教授 東島 清 教授 阿久津泰弘 助教授 中野 貴志 助教授 佐藤 透

論 文 内 容 の 要 旨

ハドロン物理の理解を目的として、QCDの非摂動的真空におけるカイラル対称性の自発的破れについて研究した。QCDの非摂動的真空の記述には、双対ギンツブルグ-ランダウ理論を用いる事でこれを行った。この理論は、QCD真空に対する双対ヒッグス描像に基づいて閉じ込めを記述する事が出来るQCDの低エネルギー有効モデルである。QCDは非可換ゲージ理論であるが、トーフートのアーベリアンゲージにおいてはQCD-モノポールを伴った可換ゲージ理論として記述される。特に、最大可換ゲージというゲージにおいては、低エネルギーにおける物理的に重要な自由度をゲージ場の可換成分とモノポール自由度のなかに抽出できる。そして、このゲージにおいてはQCD-モノポールが凝縮を起し、カラーの閉じ込めはその様な真空における双対マイスナー効果の帰結として実現される。

本論文の前半部では、クォーク伝搬関数に対する有効ポテンシャルの方法を用いてこのような真空におけるカイラル対称性の自発的破れについて研究を行った。QCDモノポールが凝縮した真空中でのグルーオンの非摂動的伝搬関数を、長距離の閉じ込め力を引き起こす部分と湯川型の短距離部分等に分解する事により、それぞれの部分が真空のエネルギー密度に与える寄与を分離する事ができた。こうして各部分の自発的カイラル対称性の破れに対する寄与を個別に計算・比較することにより、この現象に対して閉じ込めの部分が支配的な寄与を与えている事が分かった。

本論文の後半部では、シュインガー-ダイソン方程式を用いる事で、クォークの有限なカレント質量の効果を研究した。カレント質量に対する繰り込みを、直接シュインガー-ダイソン方程式の枠内で行う手法を開発し、非摂動的効果を含んだ形でカレント質量を取り扱った。計算の結果、カレント質量として標準的値を用いる事で構成子質量と整合する有効質量を再現する事が出来、同時にカレント質量100 MeV程度のストレンジクォーク領域においてもクォークの有効質量に対してモノポール凝縮が大きく貢献している事が分かった。真空中のクォーク凝縮に対しても非摂動的繰り込みの手法を適用して発散部分を除去した結果、カレント質量とともにクォーク凝縮の絶対値が増加する結果を得た。又、クォークの質量関数に対するカレント質量による展開を調べた結果、ストレンジ領域のクォーク質量において、高エネルギーでは1次までの展開でほぼ質量関数が再現されると同時に低エネルギーでは展開が収束していない振る舞いを示し、QCDの演算子積展開と低エネルギー有効模型の結果をスムーズにつなぐ結果が得られた。

論文審査の結果の要旨

クォークやグルオンで構成されるハドロンの構造の理解においてはクォークの閉じ込めの機構とカイラル対称性の破れの現象の理解がもっとも重要である。これまでに両者を同時に記述できるモデルとして双対ギンツブルグラウ理論が研究されてきた。しかし、クォークの質量が小さいが有限であるのに、質量がゼロとして研究がなされてきた。パイ中間子の質量などはクォーク質量が有限のところから生じるので有限のクォーク質量の取り扱いが熱望されていた。

難しさはクォーク質量の繰り込みでうまく方法が見つからない事に起因していた。海勢頭君はそれにワインバーグの質量によらない繰り込み法を適用する事にした。非摂動的なシュビンガーダイソンの方程式で扱う方法を定式化し、数値的に方法の良さを示した。更なる問題としてカイラル凝縮の値がこの方法を直接使うだけでは発散する事を示し、次にはクォーク質量の展開の3次までに発散が限られる事を見つけ、それを差し引く計算を行った。その結果カイラル凝縮の値の振る舞いとして適切なものをうる事が出来る事を示した。

この研究は難しく多くの研究者が避けて通っていた課題だが、海勢頭君はワインバーグの方法を使える形で定式化し、カイラル対称性のオーダーパラメータの計算方法も示すことに成功した。この事はこの方向の研究に大きな貢献をしたと評価できる。この研究内容は学術的内容が高く、博士（理学）の学位論文として充分価値の在るものと認める。