

## カラーの閉じ込め機構の解析的研究

研究代表者	鈴木 恒雄
雑誌名	平成1(1989)年度 科学研究費補助金 一般研究(C) 研究成果報告書
巻	1988-1989
ページ	7p.
報告年度	1990-03
研究課題番号	63540210
URL	<a href="http://doi.org/10.24517/00048857">http://doi.org/10.24517/00048857</a>

# カラーの閉じ込め機構の解析的研究

(課題番号 63540210)

平成元年度科学研究費補助金(一般研究C)  
研究成果報告書

平成2年3月

研究代表者 **鈴木恒雄**  
(金沢大学理学部助教授)

# カラーの閉じ込め機構の解析的研究

(課題番号 63540210)

平成元年度科学研究費補助金(一般研究C)  
研究成果報告書

平成 2 年 3 月

8000-09784-2

研究代表者 **鈴木恒雄**  
(金沢大学理学部助教授)

# 1 はしがき

この研究は、昭和63年度および平成元年度にわたって文部省科学研究補助金（一般C：課題番号63540210）を得て行われたものである。

## 研究組織

鈴木恒雄（金沢大学理学部助教授）

山田英二（金沢大学理学部教授）

末松大二郎（金沢大学理学部助手）

## 研究経費

昭和63年度	600千円
平成元年度	500千円
計	1100千円

## 2 研究発表

### 2.1 学会誌

1. Tsuneo Suzuki  
A Ginzburg-Landau Type Theory of Quark Confinement  
Prog. Theor. Phys. 80 , 929-934, 1988.
2. Tsuneo Suzuki(with S.Maedan)  
An Infrared Effective Thoery of Quark Confinement Based on Monopole  
Condensation  
Prog. Theor. Phys. 81 ,229-240, 1989.
3. Tsuneo Suzuki  
Abelian Confinement Mechanism in QCD  
Prog. Theor. Phys. 81 ,752-757, 1989
4. Tsuneo Suzuki(with S.Maedan and Y.Matsubara)  
Abelian Confinement Mechanism and the QCD Vacuum  
Preprint DUKU-8907, Oct. 1989
5. Tsuneo Suzuki(with I.Yotsuyanagi)  
Possible Evidence for Abelian Dominance in Quark Confinement  
Preprint DPKU-8909(revised), Mar. 1990

### 2.2 口頭発表

1. 鈴木恒雄  
モノポール凝縮によるクォークの閉じ込め  
場の理論研究会：京都大学基礎物理学研究所 1989. 2. 14

2. 前段真治  
Ginzburg-Landau type low-energy effective theories of QCD  
” QCDでのクォークの閉じ込め” 研究会：  
京都大学基礎物理学研究所 1989. 3. 21
  
3. 鈴木恒雄  
Abelian confinement mechanism in QCD  
” QCDでのクォークの閉じ込め” 研究会：  
京都大学基礎物理学研究所 1989. 3. 21
  
4. 松原克己  
Abelian confinement model の数値解  
” QCDでのクォークの閉じ込め” 研究会：  
京都大学基礎物理学研究所 1989. 3. 21
  
5. 四柳一郎  
Monte-Carlo study of abelian confinement mechanism  
” QCDでのクォークの閉じ込め” 研究会：  
京都大学基礎物理学研究所 1989. 3. 21
  
6. 前段真治  
モノポール凝縮によるクォーク閉じ込めの有効理論  
日本物理学会第44会年会：東海大学 1989. 3. 28
  
7. 前段真治  
アベリアンの閉じ込めモデルの数値解  
日本物理学会秋期分科会：宮崎大学 1989. 10. 14
  
8. 塩川一登武  
Abelian projection and Wilson loops  
” QCDでのクォークの閉じ込め” 研究会：  
京都大学基礎物理学研究所 1990. 3. 13

9. 大野成義

Abelian projection and inversion method

” QCDでのクォークの閉じ込め” 研究会：

京都大学基礎物理学研究所 1990. 3. 14

10. 松原克己

Abelian confinement model の数値解

” QCDでのクォークの閉じ込め” 研究会：

京都大学基礎物理学研究所 1990. 3. 14

### 3 研究目的

QCDがカラーの閉じ込めやハドロン の低エネルギー現象をよく再現していることは、最近の計算機実験の結果はばわかってきている。しかし、QCDの赤外領域でどのような機構が働いているのか？カラーの閉じ込めの本質は何かという事はわかっていない。このことを解析的に理解することが大きな目標である。第一段階として、閉じ込めの描像の定性的把握を中心に、Landau-Ginzburg 流理論の構築をめざす。第二段階としては、背景となる真空の構造をさぐり、第三段階として定量的にも信頼できる近似法をみつけ、最終目標にせまるという方法で進める。

### 4 研究成果

QCDでのカラーの閉じ込めの機構を解析的に探るこの研究計画の初年度（昭和63年度）の研究成果は次のようである。

1. 研究の目的で述べたように、閉じ込め描像の定性的理解と赤外有効理論（Ginzburg-Landau 流理論）を構築することが第一の目的であった。このことは、幸いに大変に有望な結果を得た。すなわち t'Hooft が1980年に提唱した Abelian Projection とよばれるゲージ固定をするとSU(3) 不変なQCDをアーベリアン  $U(1) \times U(1)$  不変な理論と見なすことができ、しかもその  $U(1) \times U(1)$  に関して磁気的なモノポールが存在している。そのモノポールがボーズ凝縮をすると  $U(1) \times U(1)$  のカラー電荷が（デュ

アルな) マイスナー効果で閉じ込められる。デュアルマイスナー効果による閉じ込めは最も有望な考えであるが、その具体化である。我々は、'tHooft のこの考えを基礎に、Bardacki-Samuel にしたがってモノポールの寄与をたしあげモノポール量子場として表し、さらに Zwanziger の考えを応用してデュアルなポテンシャルを導入して言葉通り Dual Ginzburg-Landau 理論と呼べる赤外有効理論を導くのに成功した。この理論は、静的なカラー電荷間にリニアなポテンシャルを与えることを解析的に示し、理論の中のパラメーターを実験結果と比較して調べた。詳細は参考論文の 1 と 2 に書かれている。

2. 上記の有効理論ではモノポールのたしあげなどで解析的処理のためいくつかの仮定をしたが、唯一の重要な仮定はモノポールの凝縮が起こるという仮定である。実際この仮定のみでカラー電荷の閉じ込めが示せること、さらに静的な場合のみでなくダイナミカルな電荷も閉じ込めることが証明された。この仕事は参考論文の 3 である。

2 年度の平成元年度の研究成果は、おもに次の 2 点である。

1. 上記の赤外有効理論で静的ポテンシャルを導いた際、解析的に解くために真空が第 2 種のデュアルな超伝導状態にあるという仮定をおこなった。この仮定は  $SU(2) QCD$  の場合はよさそうであるが、物理的な  $SU(3) QCD$  の場合は実験から決めた状態と完全に両立しているとは言えない。そこで我々は、有効理論の運動方程式を古典的に数値的にといた。そして静的なポテンシャルと真空の状態をきめた。その結果  $SU(3) QCD$  の閉じ込め相の真空は第 1 種と第 2 種の境界のデュアルな超伝導状態であることがわかった。3 体の重粒子系にもこの方法を適用して計算を現在進めており興味ある結果を得つつある。この仕事の初期の結果はプレプリントとしてまとめられ投稿中である。(参考論文 4)
2. Abelian monopole condensation という閉じ込めの描像が  $QCD$  で本当に実現しているかどうかを仮定無しに調べるために解析的ではないが Monte-Carlo Simulation で調べた。格子化された  $QCD$  で Abelian Projection をおこない残されたアーベリアンのゲージ場の Abelian Wilson loop を測定した。主として使用した計算機は、高エ研のスーパーコンピューター S 8 2 0 を 1 0 0 時間である。その



結果きわめて興味ある成果を得た。すなわち、 $U(1)$  共変ゲージでゲージ固定した場合は abelian Wilson loop がゲージ固定前に比べてたいへん大きくなり full Wilson loop と本質的に一致し string tension も完全に一致した。一方ユニタリーゲージではこのようなことはみられなかった。このデータは  $U(1)$  共変ゲージではアーベリアン的に閉じ込めが理解できることを示している。この仕事はプレプリントとして速報がまとめられ投稿中であり（参考論文 5）、また本文もまとめられつつある。引き続きゲージ依存性やカラー電場の絞られ方について計算を続行中である。

## 5 研究会

この科研費による研究活動の一貫として京都大学基礎物理研究所の共同利用として短期研究会「 $QCD$ でのクォークの閉じ込め」を研究代表者が中心世話人として昭和63年、平成元年の2年間行った。金沢大学の出席者はこの科研費より旅費及び謝金を支出し、全国からの出席者は基礎物理研究所より旅費を支給した。初年度は延べ60名ほどの出席者と23の講演があり次年度は延べ40名強の出席者と24の講演があった。解析的アプローチから simulation、連続理論から格子理論と原子核理論出身者の参加もえて大変に活発な議論があり成功裡におこなわれた。初年度の研究会報告は、「素粒子論研究79巻6号（1989年9月）」に詳細が掲載されている。本年3月の研究会の報告集は現在まとめ中である。

## 6 さいごに

研究代表者がちょうど「クォークの閉じ込め」の研究に今後の研究生活の中心に据えて進もうとし始めたときにこの科研費が2年間あたり大変に研究が進んだ。こころから感謝している。引き続き今後のご援助を期待したい。