

Study of quark confinement mechanism using large-scale (parallel) computers

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-11-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 鈴木, 恒雄, Suzuki, Tsuneo メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00048854

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



KAKEN

1996

46

大型（並列）計算機を用いたクォーク 閉じ込め機構の研究

（課題番号 06452028）

平成6年度～平成8年度科学研究費補助金
（基盤研究（B）（2））研究成果報告書

平成9年3月

研究代表者 鈴木恒雄

（金沢大学 理学部 教授）

大型（並列）計算機を用いたクオーク閉 じ込め機構の研究

課題番号 06452028

平成6年度—平成8年度科学研究費補助金
（基盤研究（B））研究成果報告書

平成9年3月

研究代表者 鈴木恒雄

（金沢大学・理学部・教授）



8000-55246-9

金沢大学附属図書館

1 はしがき

この研究は、平成6年度、平成7年度、平成8年度にわたって文部省科学研究費補助金（基盤研究（B）：課題番号 06452028）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・教授）
松原克己（七尾短期大学・教授）

研究経費

平成6年度	5 7 0 0 千円
平成7年度	8 0 0 千円
平成8年度	1 0 0 0 千円
計	7 5 0 0 千円

2 研究目的とこの研究の特徴

(研究目的)

QCDにおけるクォーク閉じ込めの機構の解明はハドロン物理学の研究にとってもっとも重要なテーマである。我々はこれまで、SU(3)のトーラス群 $U(1) \times U(1)$ のみを残すアーベリアン射影をすると生じる $U(1) \times U(1)$ 磁極子 (モノポール) が凝縮をおこしてカラー荷電粒子 (クォーク、グルオン) を閉じ込めるという考えでモンテ・カルロ法を用いた計算機実験および赤外有効理論の方法によって調べてきている。

この計画が始まるまでの研究で世界に先駆けて、1) SU(2), SU(3) QCDでのモンテ・カルロ法での数値実験で最大可換ゲージと呼ばれる特別のゲージ (MAゲージ) をとると、確かにアーベリアンの物理量のみで閉じ込めの特徴的な振る舞いをすべて再現できること、2) アーベリアンのモノポールが閉じ込めに重要な役割をしているデーターの発見、3) SU(2) QCD、MAゲージで、モノポールの有効アクションを決定し、エネルギー・エントロピーの考察から、モノポールの凝縮が起こっている事、4) モノポールのみで、閉じ込めの基本量である弦定数が再現できる事などを示し、決定的な突破口を切り開いてきた。

今回の研究計画は、世界に先駆けたこれまでの研究を発展させ、以下のテーマを目的とした。

- 1) モンテ・カルロ法で、SU(2)のみでなく、有限温度 QCD や SU(3) QCD 更にクォークの入った full QCD でモノポールが閉じ込め機構を担っていることの直接的証拠を得る、
- 2) モノポールのエントロピー、相互作用などモノポールの力学の解明、
- 3) モノポール凝縮による閉じ込めがMAゲージのみではなく一般的に成立している事の証明、
- 4) 得られたモノポールのアクションの連続極限を調べ、連続理論での赤外有効理論の決定、
- 5) 赤外有効理論でのハドロン・ハドロン相互作用やカイラル対称性の自発的破れの機構と閉じ込め機構の関連の解明、
- 6) 予言している粒子の性質を調べ、実験的に観測するためのデータ

を得る事である。

最終的には、QCD の解析的なコントロールつまり QCD を第 1 原理としてハドロンを解析的な計算によって説明する事、具体的には真空の構造の確定とその真空をベースとした新しい解析的計算法の発見をめざしている。

(研究の特徴)

従来のモンテ・カルロ法を使った QCD の研究は、たしかにクォークの閉じ込めを実現していそうだという事を示し、また、フェルミオンを入れてハドロンの性質もいくつか興味のある結果を再現しているが、QCD のどういう量がどのように働いてクォークの閉じ込めを実現し、また閉じ込め相の真空を作っているかについては何も情報を与えていない。ダイナミカルなクォーク場の入った現実の QCD 系を連続極限が信頼できて調べる十分な格子サイズで計算機でシミュレーションを行うことは、今後の計算機の能力の進展を考慮しても大変困難であろう。QCD からハドロン物理学を理解するには、どうしても QCD の真空構造を理解し、解析的な取り扱いを可能にしていくことが必要であると思われる。そのために我々は、まず閉じ込めの機構を明らかにし将来の解析的な QCD のコントロールにつなげていきたいと考えている。

物性の超電導で得られたマイスナー効果とそっくりの形で閉じ込めを示せる abelian projection した QCD でのアーベリアン・カラー磁極子の凝縮という機構が真に正しいかどうかという問題意識でトラス群のみを残すゲージ固定をしアーベリアンの量に着目して測定をしたり、また計算をするという点が特色である。アーベリアン自由度に着目するため取扱いも、またその物理的解釈も直感的で理解しやすい。

3 研究成果

モンテ・カルロ法を用いた長時間計算機実験での成果は次の通りであった。

1994年度

(1) 有限温度 SU(2) QCD において、Polyakov loop を monopole からの寄与と photon からの寄与とに分離して計算した結果、monopole の寄与だけが、閉じ込め相で Polyakov loop を 0 にしていることがわかった。さらにこの結果は、今まで我々が注目してきた MA gauge 以外の gauge でも同様の結果が得られた。

(2) Monopole の effective な排除体積を考慮することにより、長い loop のエントロピーが monopole の extendedness に依らないことを見だし、loop のエントロピーとエネルギーを評価することにより様々な lattice の有限温度相転移にほぼ説明をつけることができた。

(3) 有限温度 QCD において、string tension と spatial string tension を測定した。その結果、string tension は、空間全体に広がった長い monopole loop によって、spatial string tension は、時間方向の周期境界条件によって閉じている monopole loop によって再現されることがわかった。

(4) abelian projection 理論の立場から、flux tube の構造を調べた。monopole の flux 分布への寄与を計算した結果、 $q\bar{q}$ 軸に垂直な電場成分と磁場の分布は、monopole が flux tube の string region から追い出される効果によって再現されることがわかった。

これらの結果は、Lattice'94 の国際会議で鈴木、松原、北原、柴、江尻によって発表された。

1994年度の論文リスト

- (1) H.Shiba and T.Suzuki ,Phys.Lett.B333(1994)461.
- (2) T.Suzuki and H.Shiba ,Nucl.Phys.B(Proc.Suppl.)42(1995)232-284.
- (3) Y.Matsubara et al. ,Nucl.Phys.B(Proc.Suppl.)42(1995)529-531.
- (4) H.Shiba ,Nucl.Phys.B(Proc.Suppl.)42(1995)276-278.
- (5) S.Kitahara, Y.Matsubara and T.Suzuki
Nucl.Phys.B(Proc.Suppl.)42(1995)511-513.
- (6) S.Ejiri et al. ,Nucl.Phys.B(Proc.Suppl.)42(1995)481-483.
- (7) S.Ejiri, S.Kitahara, Y.Matsubara and T.Suzuki

Phys. Lett. B343(1995)304-309.

(8)S.Kitahara, Y.Matsubara and T.Suzuki ,Prog.Theor.Phys.93(1995)1.

(9)T.Suzuki, S. Ilyar, Y. Matsubara, T. Okude and K. Yotsuji

Phys.Lett.B347(1995)375-380, ERRATUM-ibid.B351(1995)603.

1995年度

(1) $SU(3)$ quench 近似で、full, abelian とさらにそれを monopole と photon の寄与に分離した link field を background にして、Wilson fermion を用いて hadron spectrum を計算した。Photon field は κ_c で、なんの mass gap も生じないことがわかった。 $\beta = 5.7$ では abelian field は full と同じ κ_c, m_p を与えることがわかった。

(2) 有限温度系の高温相での spatial string tension と monopole の関係について調べた。spatial string tension に効く時間方向の周期的境界条件によって閉じている monopole loop の密度が、dimensional reduction による高温での QCD の 3次元有効理論から予想されるようなスケーリングの振る舞いを示すことがわかった。この結果は 3次元有効理論における monopole ガスが spatial string tension をもたらしていることを示している。

(3) 有限温度 $SU(2)$ pure QCD において、Polyakov gauge で string tension の abelian 部分からの寄与、monopole からの寄与を測定した。このゲージでは、Polyakov loop に対する abelian dominance は自明だが monopole dominance は自明ではない。そこで、Polyakov loop の correlation によって string tension を測定したところ、相転移点に比較的近い閉じ込め相では、monopole からの寄与でだいたいもとの string tension を再現していることがわかった。

1995年度の論文リスト

(1)T.Suzuki et al. ,Nucl.Phys.B(Proc.Suppl.)47(1995)270.

(2)T.Suzuki et al. ,Nucl.Phys.B(Proc.Suppl.)47(1995)374.

(3)S.Ejiri ,Nucl.Phys.B(Proc.Suppl.)47(1995)539.

(4)S.Ejiri et al. ,Nucl.Phys.B(Proc.Suppl.)47(1995)322.

(5)S.Ejiri ,Phys.Lett.376B(1996)163.

1996年度

(1) $SU(3)$ pure gauge theory の 1つの monopole current に対する effective action を求めた。monopole loop の単位長さあたりの entropy

$\ln 7$ と比較することにより、monopole 凝縮が示された。また、有限温度系でも同様に action を求めたところ、1 次相転移を示す hysteresis curve が得られた。

(2) pure $SU(2)$ QCD に対して monopole action の coupling をこれまでに得られていたよりも、より低エネルギー領域まで正確に調べた。その結果、低エネルギー領域において得られた action は、ほぼ fixed length abelian Higgs model に対応した monopole current action になることがわかった。また、この action が Villain like model や string model に変形できることを利用して、解析的な計算により string tension を求めたところ、物理的な string tension と consistent であることが示された。

(3) 有限温度の pure $SU(2)$ QCD において、monopole action に基づいて有限温度相転移の order parameter を調べた。monopole action は dual abelian Higgs model と対応が付き、monopole 凝縮は Higgs phase に対応しているので、Kennedy と King によって定義された gauge 不変な Higgs operator を monopole の order parameter と考えることができる。そこで monopole action に基づいて、この operator を測定した。その結果、空間サイズが無限大の極限でこの operator が order parameter になることを支持する結果が得られた。monopole action に対する order parameter としては、Fröhlich と Marchetti によって定義された monopole operator も考えられるが、これについても同様な結果が得られた。これらの結果は、monopole 凝縮の order parameter が閉じ込めの order parameter になっていることを示唆している。

(4) 有限温度 $SU(2)$ QCD において、Polyakov loop を用いて相転移の臨界指数を求めた。MA gauge をとったとき、abelian 成分のみで定義した Polyakov loop と、monopole (Dirac string) で書かれた Polyakov loop は、ともに $SU(2)$ Polyakov loop から求めたものと同じ臨界指数を与えることがわかった。

(5) 2 つの新しい gauge を提案した。1 つは、abelian action を最小にする gauge で、もう 1 つは monopole density を最小にする gauge である。そしてそれぞれに対して、abelian, monopole, photon からの string tension を測定した。その結果、両方の gauge において abelian dominance および monopole dominance が示された。さらにこれらの gauge に対して monopole action を求めたところ、maximally abelian gauge とほぼ同じ action が得られた。

(6) モノポール凝縮と非閉じ込め相転移の関係をはっきりさせること

を試みた。その結果、Polyakov loop は、長いモノポール・ループが空間に一様に広がっていると 0 で、閉じ込めになり、短いモノポール・ループばかりになってくると 0 でない値で、非閉じ込めになるということが式の上からでもわかることを示した。また、Polyakov loop の変化は作用のもつ $Z(N)$ 対称性の破れだが原因あると言われているが、そのこととモノポールとの関係を考察した。このことを理解するためには境界条件のことを考慮することが必要で、それを考慮すればモノポールによる Polyakov loop の説明と $Z(N)$ 対称性のことが矛盾なく理解できることを示した。

これらの結果は、Lattice'96 の国際会議で鈴木、北原、江尻、中村によって発表された。またその後も (2) については日本物理学会、基研研究会等で鈴木、加藤、中村によって、(4) については基研研究会で鈴木によって、(5) については日本物理学会で庄司によってそれぞれ発表された。

1996 年度の論文リスト

- (1) N. Arasaki et al. , To appear in Physics Letters B.
- (2) N. Nakamura et al. , Nucl. Phys. B (lattice '95 Proc. Suppl.).
- (3) T. Suzuki et al. , Nucl. Phys. B (lattice '95 Proc. Suppl.).
- (4) S. Kitahara et al. , Nucl. Phys. B (lattice '95 Proc. Suppl.).
- (5) S. Ejiri et al. , To be submitted to Physics Letters B.
- (6) F. Shoji and T. Suzuki , In preparation.
- (7) S. Ejiri , Nucl. Phys. B (lattice '95 Proc. Suppl.).

4 研究発表

4.1 論文リスト

1. H.Kodama, Y.Matsubara and T.Suzuki
Meson-meson interaction in dual Ginzburg-Landau model.
Preprint KANAZAWA 97-.
2. S.Ejiri, S.Kitahara, T.Suzuki and K.Yasuta
Critical exponents and abelian dominance in $SU(2)$ QCD
to be submitted to Physics Letters B.
Preprint KANAZAWA 96-03, hep-lat/9608133.
3. N.Arasaki, S.Ejiri, S.Kitahara, Y.Matsubara and T.Suzuki
Monopole action and monopole condensation in $SU(3)$ lattice QCD
to appear in Physics letters B.
Preprint KANAZAWA 96-11, hep-lat/9608129.
4. H.Shiba and T.Suzuki
Monopole action and condensation in $SU(2)$ QCD
Phys. Lett. B351(1995)519-527.
5. T.Suzuki, S. Ilyar, Y. Matsubara, T. Okude and K. Yotsuji
Polyakov loops and monopoles in QCD
Phys. Lett. B347(1995)375-380.

errata:Phys.Lett.B351(1995)603.
6. S.Ejiri, S.Kitahara, Y.Matsubara and T.Suzuki
String Tension and Monopoles in $T \neq 0$ $SU(2)$ QCD
Phys. Lett. B343(1995)304-309.
7. H.Shiba and T.Suzuki
Monopole action from vacuum configurations in compact QED
Phys. Lett. B343(1995)315-322.

8. S.Kitahara, Y.Matsubara and T.Suzuki
Deconfinement transition and monopoles in $T \neq 0$ SU(2) QCD
Prog.Theor.Phys. 93(1995) 1-17.
9. H.Shiba and T.Suzuki
Monopoles and String Tension in SU(2) QCD
Phys. Lett. 333B(1994)461-466.

4 . 2 国際会議招待講演

1. T.Suzuki
Dual lattice blockspin transformation and monopole condensation
in QCD
Proceeding of Minnesota workshop on Continuous Advances in QCD,
'96 (March 28-31, 1996, Univ. Minnesota, USA).
Preprint KANAZAWA 96-08.
2. T.Suzuki
Monopole condensation as the confinement mechanism in QCD
Proceedings of the International workshop on 'Non-perturbative ap-
proaches to Quantum Chromodynamics' (July 10-29, 1995, ECT
Trento, Italy).
3. T.Suzuki
Monopole dynamics and confinement in SU(2) QCD
Proceeding of German-Japan Seminar 'QCD on Massively Parallel
Computers' (March 16-18, 1995, Yamagata, Japan), Prog. Theo.
Phys. Suppl. 122(1996) 75-83.
4. T.Suzuki
Monopole condensation in lattice SU(2) QCD
Proceeding of RCNP workshop on Color Confinement and Hadrons
'Confinement95' (March 22-24, 1995, Osaka, Japan), (World Scien-
tific, 1996)3-10.

5. T.Suzuki
Monopoles and quark confinement
Proceeding of YITP workshop "From Hadronic Matter to Quark
Matter: Evolving View of Hadronic Matter".
Prog.Theor.Phys. Suppl.120(1995),7-23.

6. T.Suzuki
Monopole Condensation and Confinement in QCD
Proceeding of International School-Seminar '93 -Hadrons and Nu-
clei from QCD-
(World Scientific, 1994)325-332.

4 . 3 国際会議一般講演

1. S.Ejiri
Monopole condensation and Polyakov loop in finite-temperature
pure QCD
to appear in Nucl Phys. B(Proc.Suppl.)(1997).
Preprint KANAZAWA 96-15,hep-lat/9608001.

2. N.Nakamura, V.Bornyakov, S.Ejiri, S.Kitahara, Y.Matsubara and
T.Suzuki
Disorder parameter of confinement
to appear in Nucl Phys. B(Proc.Suppl.)(1997).
Preprint KANAZAWA 96-16,hep-lat/9608004.

3. T.Suzuki, Y.Matsubara, S.Kitahara, S.Ejiri, N.Nakamura, F.Shoji,
M.Sei, S.Kato and N.Arasaki
Three topics of monopole dynamics in abelian projected QCD
to appear in Nucl Phys. B(Proc.Suppl.)(1997).
Preprint KANAZAWA 96-10,hep-lat/9607054.

4. S.Kitahara, S.Ejiri, T.Suzuki and K.Yasuta
Critical exponents in abelian projected SU(2) QCD
to appear in Nucl Phys. B(Proc.Suppl.)(1997).
Preprint KANAZAWA 96-12, hep-lat/9608114.

5. T.Suzuki, S.Kitahara, T.Okude, F.Shoji, K.Moroda and O.Miyamura
Monopoles and hadron spectrum in quenched QCD
Nucl Phys. B(Proc.Suppl.)47(1996)374-377.
6. S.Ejiri, S.Kitahara, Y.Matsubara, T.Okude, T.Suzuki and K.Yasuta
Study of gauge dependence of monopole dynamics
Nucl Phys. B(Proc.Suppl.)47(1996)322-325.
7. S.Ejiri
Monopoles in high temperature phase of SU(2) QCD
Nucl Phys. B(Proc.Suppl.)47(1996)539-542.
8. Y. Matsubara, T.Suzuki, S. Ilyar, T. Okude and K. Yotsuji
Monopole effects on Polyakov loops and its gauge independence in
QCD
Nucl Phys. B(Proc.Suppl.)42(1995)529-531.
9. S.Kitahara, Y.Matsubara and T.Suzuki
Monopoles and deconfinement transition in finite temperature SU(2)
QCD
Nucl Phys. B(Proc.Suppl.)42(1995)511-513.
10. T.Suzuki and H.Shiba
Monopole actions in compact QED and in $(a \rightarrow 0, L \rightarrow \infty)$ SU(2)
QCD
Nucl Phys. B(Proc.Suppl.)42(1995)282-284.
11. S.Ejiri, S.Kitahara, Y.Matsubara and T.Suzuki
String Tension and Monopoles in $T \neq 0$ SU(2) QCD
Nucl Phys. B(Proc.Suppl.)42(1995)481-483.

12. Y.Matsubara, S.Ejiri and T.Suzuki
The (dual) Meissner effect in SU(2) and SU(3) QCD
Nucl. Phys. B(Proc.Suppl.)34(1994)176-178.
13. H.Shiba and T.Suzuki
Monopole Condensation and Confinement in SU(2) QCD
Nucl. Phys. B(Proc.Suppl.)34(1994)182-188.

4. 4 物理学会特別講演

1. 鈴木恒雄
Monopole and confinement in lattice and continuum QCD
第50回日本物理学会年会（1995年3月、神奈川大学）

4. 5 物理学会一般講演

1. 伊藤雅典、江尻信司、サウトイリヤル、柴博志、鈴木恒雄
アーベリリアン射影した格子QCDにおけるモノポールの振る舞い
第49回日本物理学会年会（1994年3月、福岡工業大学）
2. 伊藤雅典、江尻信司、サウトイリヤル、柴博志、鈴木恒雄
U(1)XU(1) 格子ゲージ理論におけるモノポールの寄与
第49回日本物理学会年会（1994年3月、福岡工業大学）
3. 鈴木恒雄、北原俊一
Abelian Projection された格子QCDの有限温度相転移
第49回日本物理学会年会（1994年3月、福岡工業大学）
4. 清正史、中村直紀、松原克己、鈴木恒雄
Monopole action and dual effective QCD
第50回日本物理学会年会（1995年3月、神奈川大学）
5. 新崎夏子、江尻信司、松原克己、鈴木恒雄
Monopole action in lattice QCD
第50回日本物理学会年会（1995年3月、神奈川大学）

6. 北原俊一、松原克己、鈴木恒雄
モノポールとSU(2) QCDの有限温度相転移
第50回日本物理学会年会(1995年3月、神奈川大学)
7. 四辻健治、江尻信司、松原克己、鈴木恒雄
SU(2) QCDにおける Monopole action と Renormalized trajectory
第50回日本物理学会年会(1995年3月、神奈川大学)
8. 江尻信司
有限温度 lattice QCD における spatial string tension と monopole
第50回日本物理学会年会(1995年3月、神奈川大学)
9. 柴博志
SU(2) 格子ゲージ理論における flux tube の構造
第50回日本物理学会年会(1995年3月、神奈川大学)
10. 江尻信司、松原克己、鈴木恒雄
モノポール凝縮のゲージ非依存性
日本物理学会分科会(1995年9月、中部大学)
11. 北原俊一、宮村修、諸田和也、奥出壮、折口征二、庄司文由、鈴木恒雄
monopole 凝縮と hadron spectrum
日本物理学会分科会(1995年9月、中部大学)
12. 北原俊一、宮村修、諸田和也、奥出壮、折口征二、庄司文由、鈴木恒雄
Monopole dominance of chiral symmetry breaking in SU(3) lattice gauge theory
日本物理学会分科会(1995年9月、中部大学)
13. 新崎夏子、江尻信司、松原克己、鈴木恒雄
QCDにおける monopole action の決定
日本物理学会分科会(1995年9月、中部大学)
14. 鈴木恒雄、松原克己、矢澤建明
Dual Ginzburg-Landau 理論によるスピン依存ハドロンポテンシャル

ル

日本物理学会分科会 (1995年9月、中部大学)

15. 清正史、中村直紀、松原克己、鈴木恒雄
Monopole action and Dual Ginzburg-Landau model
日本物理学会分科会 (1995年9月、中部大学)
16. 鈴木恒雄、北原俊一、奥出壮、庄司文由、諸田和也、宮村修
Quenched QCD における monopole と hadron spectrum
第51回日本物理学会年会 (1996年3月、金沢大学)
17. 矢澤建明、山岸健太郎、松原克己、鈴木恒雄
Dual Ginzburg-Landau 理論におけるハドロン-ハドロン相互作用
第51回日本物理学会年会 (1996年3月、金沢大学)
18. 江尻信司
QCDの有限温度相転移とモノポール
第51回日本物理学会年会 (1996年3月、金沢大学)
19. 中村直紀、清正史、松原克己、鈴木恒雄
Monopole Dynamics と Dual Ginzburg-Landau 理論
第51回日本物理学会年会 (1996年3月、金沢大学)
20. 北原俊一、諸田和也、奥出壮、庄司文由、宮村修、鈴木恒雄
モノポールとカイラル対称性の自発的破れ
第51回日本物理学会年会 (1996年3月、金沢大学)
21. 江尻信司、児玉博明、鈴木恒雄
SU(3) QCD における Dual Meissner 効果
第51回日本物理学会年会 (1996年3月、金沢大学)
22. 清正史、中村直紀、松原克己、鈴木恒雄
Dual Ginzburg-Landau model と格子QCD II
第51回日本物理学会年会 (1996年3月、金沢大学)
23. 加藤清考、清正史、中村直紀、北原俊一、鈴木恒雄
Block-spin transformation on the lattice and monopole action I
日本物理学会分科会 (1996年10月、佐賀大学)

24. 清正史、加藤清考、中村直紀、北原俊一、鈴木恒雄
Block-spin transformation on the lattice and monopole action II
日本物理学会分科会 (1996年10月、佐賀大学)
25. 庄司文由、鈴木恒雄
abelian dominance および monopole dominance を示す新しいゲー
ジ
日本物理学会分科会 (1996年10月、佐賀大学)
26. 加藤清考、北原俊一、中村直紀、清正史、鈴木恒雄
Disorder parameter of confinement
日本物理学会分科会 (1996年10月、佐賀大学)
27. 奥出壮、鈴木恒雄、北原俊一、諸田和也
full QCD におけるモノポール凝縮
日本物理学会分科会 (1996年10月、佐賀大学)
28. 児玉博明、鈴木恒雄
SU(3) QCD におけるグルーボールの質量
日本物理学会分科会 (1996年10月、佐賀大学)

4. 6 特別講義

1. 鈴木恒雄
モノポールとクォークの閉じ込め
1995.2.13-15 新潟大学教育学部
2. 鈴木恒雄
クォークの閉じ込め
1995.11.13-16 佐賀大学理工学部
3. 鈴木恒雄
Confinement and monopole in QCD
1996.3.4-5 東京大学教養学部
4. 鈴木恒雄
モノポール凝縮とクォークの閉じ込め
1997.1.27-30 千葉大学理学部

4. 7 セミナー及び研究会講演

1. 鈴木恒雄
Monopole and confinement in QCD
1994.7.6 京都大学理学部
2. 鈴木恒雄
Monopole and confinement in QCD
1994.10.5 ウィーン工科大学
3. 鈴木恒雄
Monopole and confinement in QCD
1995.4.1 名古屋大学理学部
4. 鈴木恒雄
Monopole and confinement in QCD
1996.4.16 カナダ バンクーバー TRIUMF 研究所
5. 鈴木恒雄
Monopole and confinement in QCD
1996.4.24 カナダ バンクーバー British Columbia 大学
6. 鈴木恒雄
Monopole Condensation and String Theory of Hadrons
1996.12.18 京都大学基礎物理学研究所

5 この研究に関する国内及び外国における研究状況

国内では、金沢大学のグループ（現在のメンバーは松原克己（七尾短期大学教授）、北原俊一（十文字女子学園大学講師）、山岸芳夫（七尾短期大学講師）、矢澤建明（金城短期大学助手）、江尻信司、奥出壮、中村直紀、庄司文由、児玉博明、山岸健太郎、加藤清考、）以外は、広島大学の宮村修助教授、大阪大学核物理センターの土岐強教授のグループががわれわれと共同の立場で研究を行っている。また金沢のグループは、ロシア・モスクワの理論・実験物理学研究所 (ITEP) の Mikhail Polikarpov や Maxim Chernodub のグループ、高エネルギー研究所 (IHEP) の Vitaly Bornyakov のグループとも共同研究を行っている。

国外では abelian projection という同じ視点で研究をしているグループだけでも

(1) Michael Teper の Oxford のグループ (2) G.Schierholz を指導者とする Desy のグループ、

(3) モスクワの M.I.Polikarpov を指導者とする ITEP のグループ、

(4) V.V.G.Bornyakov の IHEP のグループ、

(5) A.Di Giacomo を指導者とする Pisa のグループ、

(6) R.C.Brower の MIT のグループ

(7) R.Haymaker を指導者とする Louisiana のグループ

(8) P.Cea と L.Cosmai の Bari のグループ

など、abelian projection を行って研究するところが増えてきており、先頭をきったわれわれの論文はかなり引用されており、注目されつつある。

6 さいごに

この3年間の科研費は、国際的にも注目されだしたときで、大変に有効であった。とくに大型並列スーパーコンピューターを使った数値計算は、われわれの場合、高エネルギー研究所・理化学研究所の共同利用研究に参加する以外、予算的に不可能であるが、DATやMTにデータをためるためなどに若い院生を派遣し仕事をしてもらった謝金として大変に助かった。1996年12月18-20日には、鈴木が主催して「非摂動的QCD-QCDの真空構造」というテーマで研究会を京大基礎物理研究所の研究計画の一つとして開催し、集中的に討議をした。これにも、若手の参加補助として、科研費が役にたった。この科研費による研究活動がベースとなって、やはり鈴木が主催してYukawa International Seminar on Non-perturbative QCD-Structure of the QCD vacuum-を1997年12月2日-12日まで京都大学基礎物理学研究所で開催する。このようにまさに科研費のおかげでこれらの研究は進展したといえる。心から感謝するとともに、今後もますます国際的に競争して発展していく段階であり、ぜひとも引き続きご援助を期待したい。

この報告は金沢大学の「クォークの閉じ込め」研究グループでの共同研究に基づいている。松原克己(七尾短期大学教授)、北原俊一(十文字女子学園大学講師)、山岸芳夫(七尾短期大学講師)、矢澤建明(金城短期大学助手)、江尻信司、奥出壮、中村直紀、庄司文由、児玉博明、山岸健太郎、加藤清考各氏の日頃からの協力に心から感謝したい。また研究の初期からの協力者で1990年8月ガンのため若くして急逝した元金沢医科大学助教授の四柳一郎氏には、あらためて最大の感謝の気持ちを捧げたい。彼のモンテ・カルロ法を用いた研究に対する非凡な才能による協力がなければ、我々の研究が現在のように興味ある発展を遂げなかったことであろう。