

# SU(2)純ゲージ理論におけるスケール設定と熱力学量

九州大学 理学府物理学専攻 開田 丈寛

目的 SU(2)純ゲージ理論における、Gradient flow法を用いたスケール設定と熱力学量の測定

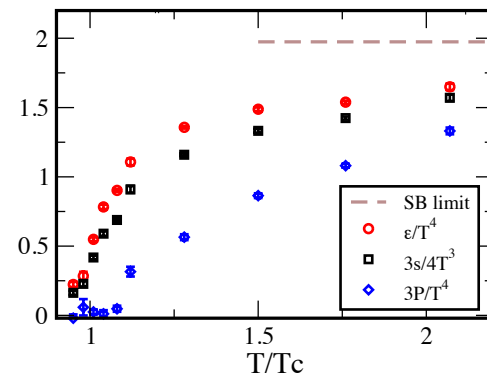
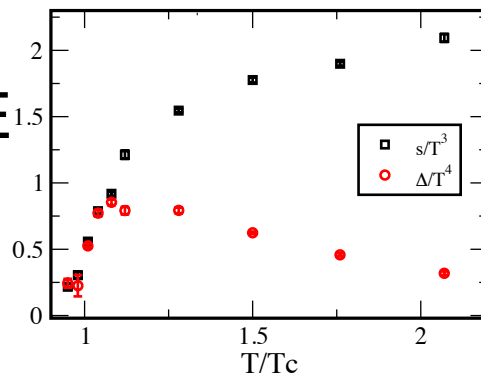
内容 Gradient flow法による熱力学量の測定は、SU(3)ゲージ理論で広く用いられている。今回はこれをSU(2)純ゲージ理論に適用し、スケール設定と熱力学量の測定を行った。

結果 スケール設定については、既存の設定法と比較し、矛盾しない結果が得られた。  
熱力学量についても、積分法や摂動計算と無矛盾な結果が得られた。

利用した計算機 SX-ACE

ノード時間 16,000ノード時間

並列化 最大8ノード並列



# 低次元強結合フェルミオン系の 励起状態における集団運動

高エネルギー加速器研究機構 物構研 岩野薫

**目的** 低次元系のフェルミオン系を比較的小さい格子サイズで数値的に厳密に解き、特にその励起状態における集団励起の存在を光学スペクトルの計算を通して明らかにする。

**内容** 大きなサイズにおける光学スペクトルの計算を可能にするために、厳密に計算出来る小数サイト系の固有関数から局在基底(多体ワニア関数)をユニタリ変換を通して構成する枠組みの構築を行った。

**結果** 最初のテストとして、1次元ハバードモデルの電荷自由度のみを抽出した「電荷モデル」において多体ワニア関数を決定し、それを用いて大きなサイズのスペクトルを計算出来ることを確認した。

利用した計算機

ノード時間

使用メモリ

ベクトル化率

並列化

SX-ACE

0時間

-

-

-

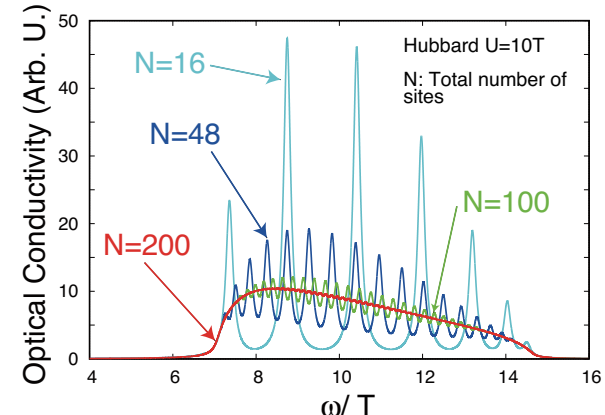


図 (シミュレーション結果)

有限温度・有限密度の場の理論の研究  
佐賀大学 大学院 工学系研究科 物理科学専攻 氏名 河野宏明

目的 有限の化学ポテンシャルにおける格子QCDの計算を行い、またその結果の解析や現象論的解析をする。

内容 (a)符号問題のない虚数化学ポテンシャルと実数アイソスピン化学ポテンシャルのある場合の格子QCD計算を行った。また、その結果を現象論模型によって解析した。一方で、現象論模型の改良についての研究も行った。  
(b) 符号問題が小さいと期待されるZ3対称なQCDの格子計算を試みた。

結果 (a) PNJLタイプの現象論模型による記述は、高温では悪くないが中間温度・低温ではあまりよくない事がわかった。（以前より高い精度の解析を行った。）

中間温度以下ではハドロン成分が重要であると推測できる。

(b) Z3対称なのプログラムを作成し、テストランを行った。  
また、現象論的解析も行った。

|         |               |
|---------|---------------|
| 利用した計算機 | SX-ACE        |
| ノード時間   | 50000時間（年間合計） |
| 使用メモリ   | 450GB（合計）     |
| ベクトル化率  | 85%           |
| 並列化     | 16並列          |

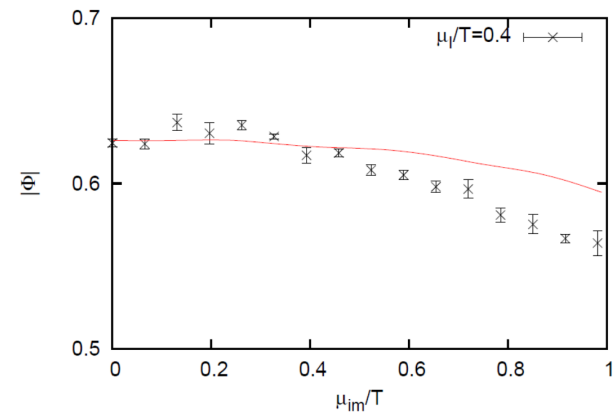


図 ( $T=1.35T_c$ でのポリヤコフ  
ループの絶対値の虚数化学ポ  
テンシャル依存性、点が格子QCD、  
線はPNJL模型の結果)

# フガシティ展開によるQCD相構造の研究

弓削商船高等専門学校 総合教育科 牧山隆洋

目的：フガシティ展開によるアプローチを用いて、QCD相構造を研究する。この手法の信頼性をチェックする。

内容：2カラーQCDは、虚数 $\mu$ 領域と実数 $\mu$ 領域の両方で格子計算可能である。そこで、フガシティ展開の有効性をチェックするためSU(2)QCDから計算を行う。

結果 結果はまだ出ていません。

|         |           |
|---------|-----------|
| 利用した計算機 | SX-ACE    |
| ノード時間   | 103時間     |
| 使用メモリ   | 328,158KB |
| ベクトル化率  | 99.7%     |
| 並列化     | 8並列       |

# The phase transition of the quark confinement and deconfinement, magnetic catalysis, and the structure of the QCD vacuum

長谷川 将康 :

Bogoliubov laboratory of Theoretical Physics,  
Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Moscow, Russia

共同研究者 : Claudio Bonati, Massimo D'Elia,

Adriano Di Giacomo, and Francesco Negro,

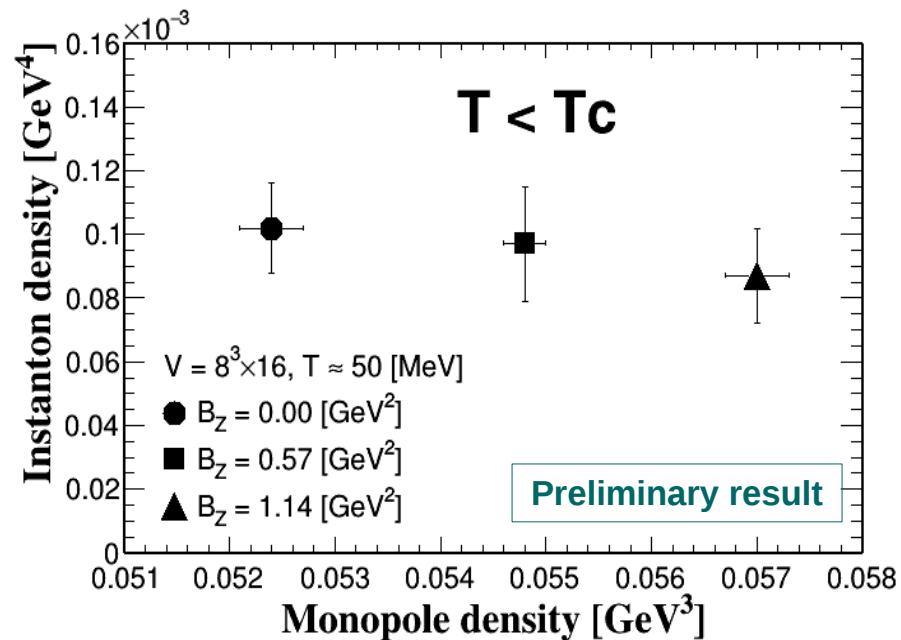
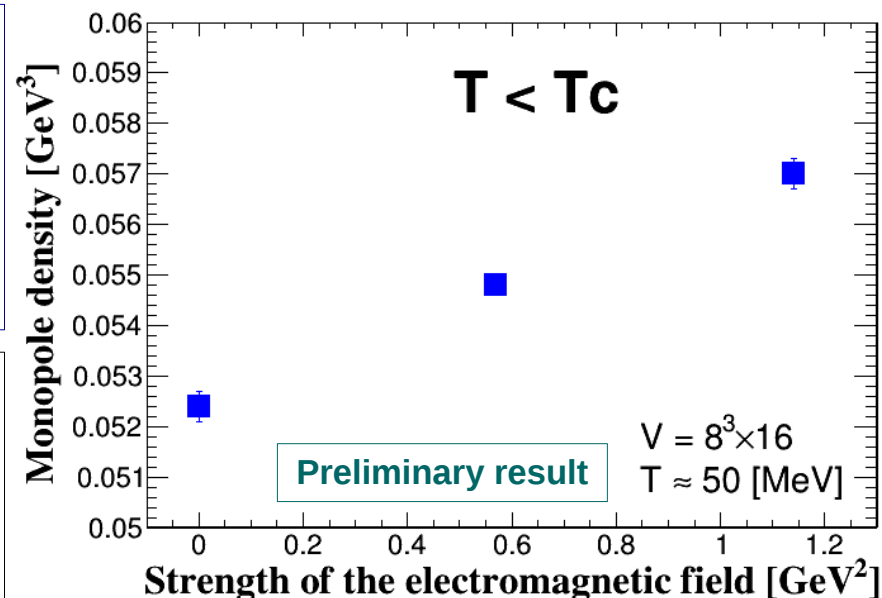
University of Pisa, INFN, Italy

**研究の目的:**  $N_f = 2 + 1$  の動的クォークを含む QCD 真空に強い磁場を入れ、磁場が、クォーク閉じ込めと非閉じ込め相転移、カイラル対称性の自発的破れと回復に与える影響を、大型計算機を用いて調べる。

**研究の内容:** Monopole は、クォーク閉じ込め機構にとって重要な役割を果たし、また、instanton は、カイラル対称性の自発的破れを誘発すると考えられている。我々は、QCD 真空に磁場を入れ、Abelian monopole の密度を計算した。さらに、磁場を入れた QCD 真空から **overlap fermion** の Dirac 演算子の固有値と固有ベクトルを計算した。そして、観測したゼロモードの数から instanton 密度を計算した。

**結果:** 右上図のように磁場が強くなると monopole 密度が増えることを発見した。次に、右下図のように磁場が monopole 密度と instanton 密度に与える影響を調べた。Monopole 密度は、磁場の影響によって増えるが、instanton 密度は、磁場の影響をあまり受けないことがわかった。現在、格子体積を大きくして、統計数を増やして解析を行っている。

**計算機:** SX-ACE、ベクトル化率 99.8% 以上、1 ノード 4 コア並列、計算メモリ 5 ~ 48 [GB]、78,000 ノード時間利用。



# 格子QCDコードBridge++の開発

高エネルギー加速器研究機構 計算科学センター 氏名 松古栄夫  
(for Bridge++ project)

- 目的 可読性、拡張性、移植性に優れかつ十分な実行性能を持つ格子QCDシミュレーションコードを開発する
- 内容 オブジェクト指向に基づいてC++による開発を行っている。SX-ACEは重要なプラットフォームの一つであり、動作検証と高速化を行っている。
- 結果 最新の公開版ver.1.4の動作検証を行った。また高速化のための拡張コードの開発を行っている。

## 利用した計算機

ノード時間

使用メモリ

ベクトル化率

並列化

## SX-ACE

1時間

4GB

(not monitored)

4並列



# ラージN極限におけるツイストされた時空縮約モデルの研究

## 広島大学 大学院理学研究科 大川正典

**目的** アジョイント・フェルミオンを持つ  $SU(N)$ ゲージ理論のラージ  $N$  極限は、AdS/CFT対応により、近年非常に注目を集めている。この理論の基本的な物理量であるメソンの質量スペクトルは、時空縮約モデルという格子点が1点しかない理論の数値シミュレーションにより計算できる。本研究の目的は、実際のシミュレーションに必要なランパラメータの探索を行なうことである。

**内容** 素粒子の標準モデルは、その基礎を $SU(N)$ 非可換ゲージ理論においている。一般に $SU(N)$ 非可換ゲージ理論は複雑な構造を持っているが、4次元格子上で定義された $SU(N)$ 格子ゲージ理論は、 $N$ を無限に持っていた極限で時空の自由度を内部空間に吸収でき、数値シミュレーションによる解析が可能になる。ただし、理論はゲージ相互作用やフェルミオン質量といったパラメーターに依存しており、大規模なシミュレーションを行うためにはその準備として、これらのパラメーターを大まかに決定する必要がある。本格的な計算は30年以降に予定しており、本研究ではこれらランパラメータの探索を行う。

**結果** 2つのゲージ相互作用の値に対して、フェルミオン質量の大まかな値を決定することができた。今後、これらの結果をふまえて、大規模な数値シミュレーションを行う。

|         |        |
|---------|--------|
| 利用した計算機 | SX-ACE |
| ノード時間   | 6000時間 |
| 使用メモリ   | 2.77GB |
| ベクトル化率  | 99.26% |
| 並列化     | 4並列    |

# ニュートリノ・核物理に基づいた超新星爆発の研究

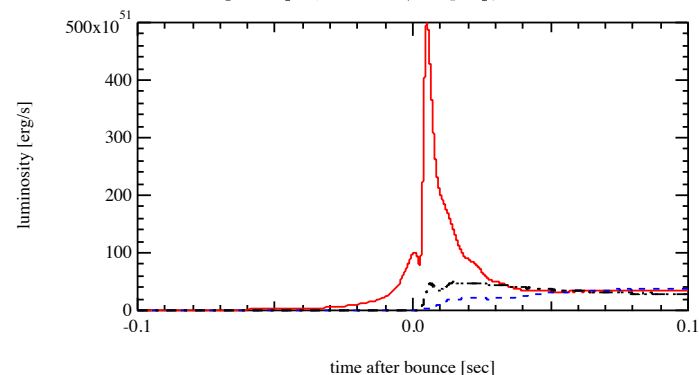
沼津工業高等専門学校教養科 住吉光介

目的 状態方程式・ニュートリノ反応率の核データを整備し、重力崩壊型超新星爆発メカニズムを解明する

内容 ニュートリノ輻射流体計算により爆発シミュレーションを行ない、親星や状態方程式の影響を探る

結果 軽い親星の場合の爆発可能性および新しい状態方程式テーブルの影響を調べた。また超新星計算データ群からニュートリノシグナルの特徴を解析した

|         |          |
|---------|----------|
| 利用した計算機 | SX-ACE   |
| ノード時間   | 約100時間   |
| 使用メモリ   | 約20~60GB |
| ベクトル化率  | 約90%     |
| 並列化     | 1~4並列    |



図：神岡での観測へ向けたニュートリノバースト予測



# 格子量子色力学による 3体クォーク間ポテンシャルの精密測定

沼津工業高等専門学校 駒 佳明  
日本大学国際関係学部 駒 美保

目的 3体クォーク間ポテンシャルとクォーク反クォーク間ポテンシャルの関数形の関連を調べる

内容 両者の直接比較が可能となるようなクォーク配置をとり、3種類の格子間隔でマルチレベルノイズ逡減法を組み込んだシミュレーションを行った

結果 3体クォーク間ポテンシャルに3体系特有の振る舞いがみられる条件が明らかになった

利用した計算機

ノード時間

使用メモリ

ベクトル化率

並列化

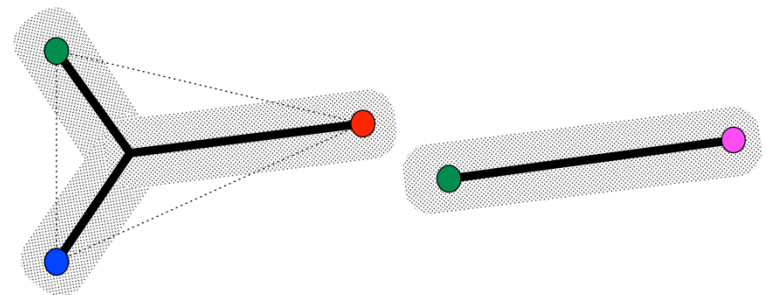
**SX-ACE**

合計19000時間

30 - 50 GB

99.7%

4並列



# 有限温度・有限密度2カラーQCDの 相図と超流動性の解明

大阪大学 RCNP 伊藤 悦子

高知大学 理工学部 飯田 圭、李 東奎

目的 有限温度・密度における2カラーQCDの相図決定と超流動性の解明に向けた下準備。

内容 Iwasakiゲージ作用と2フレーバーWilsonフェルミオン作用を格子作用としたハイブリッドモンテカルロ法によるゲージ配位生成シミュレーションを行った。生成した配位を用いて、ポリヤコフループなどの物理量を測定した。

結果  $m_{\overline{\text{PS}}}/m_{\overline{\text{V}}} = 0.8$ でのline of constant physicsを決定し、  
格子結

合定数 $\beta$ と格子間隔 $a$ の対応を付けた。また、ポリヤコフループを測定し、相図に関する予

|         |         |
|---------|---------|
| 利用した計算機 | SX-ACE  |
| ノード時間   | 35000時間 |
| 使用メモリ   | 21GB    |
| 並列化     | 32並列    |

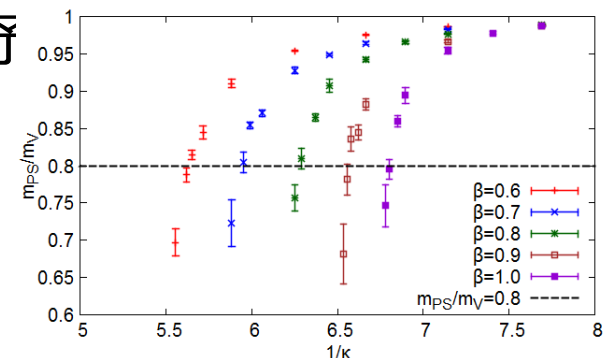


図 ( $\kappa$ -search at  $m_{\overline{\text{PS}}}/m_{\overline{\text{V}}} = 0.8$ )

# 現実的核力に基づいた核物質状態方程式による 超新星爆発シミュレーション

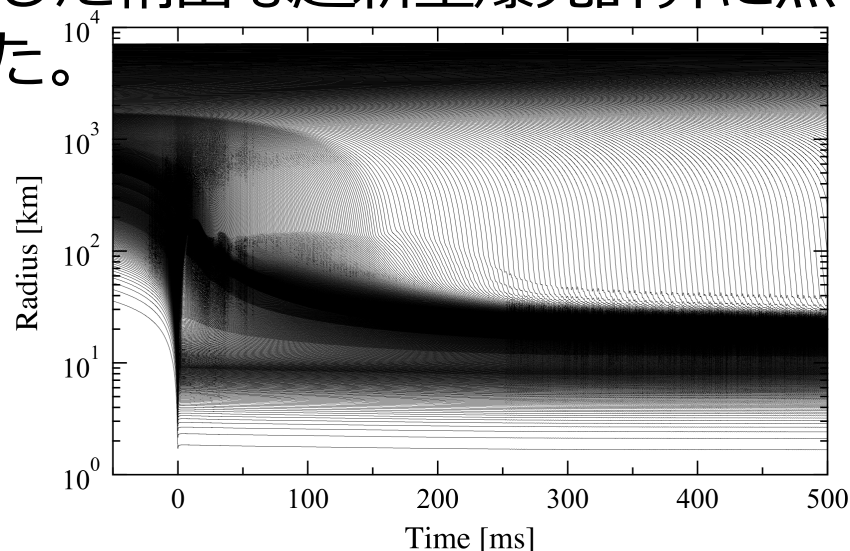
理化学研究所 仁科加速器研究センター 富樫 甫

**目的** 超新星爆発メカニズムにおける核物質状態方程式 (EOS) の影響を核力の観点から明らかにする。

**内容** 現実的核力から構築した核物質EOSを用いて、重力崩壊型超新星爆発シミュレーションを行った。

**結果** 新たに構築した現実的核力に基づくEOSテーブルは、ニュートリノ輻射輸送を考慮した精密な超新星爆発計算に無事適用できることを確認した。

|         |         |
|---------|---------|
| 利用した計算機 | SX-ACE  |
| ノード時間   | 15000時間 |
| 使用メモリ   | 60GB    |
| ベクトル化率  | 約90%    |
| 並列化     | 4並列     |



図：シミュレーションから得られた流体素片の軌跡

# ドメインウォールフェルミオンによる $a_1$ 中間子の研究

京都大学大学院 理学研究科 國廣 悌二

広島大学 理学研究科 村上 祐子

松本大学 総合経営学部 室谷 心

大阪大学 核物理研究センター 中村 純

名古屋大学 基礎理論研究センター 野中 千穂

国土舘大学 理工学部 関口 宗男

国土舘大学 理工学部 和田 浩明

理化学研究所 理論科学連携研究推進グループ 若山 将征

# ドメインウォールフェルミオンによる $a_1$ 中間子の研究

目的 第一原理計算である格子QCDを用いて、 $a_1$ 中間子の内部構造を明らかにする。

内容 QCDの持つカイラル対称性を適切に取り入れた格子作用であるドメインウォールフェルミオンを用いて計算を行った。

結果 格子QCDを用いて、初めてゼロ温度での $a_1(1260)$ の実験値の質量を高い精度で再現することができた。  
現在、論文執筆中。

利用した計算機

ノード時間

使用メモリ

ベクトル化率

並列化

SX-ACE

約 720,000時間

1.5GB

99.5-99.8%

4並列

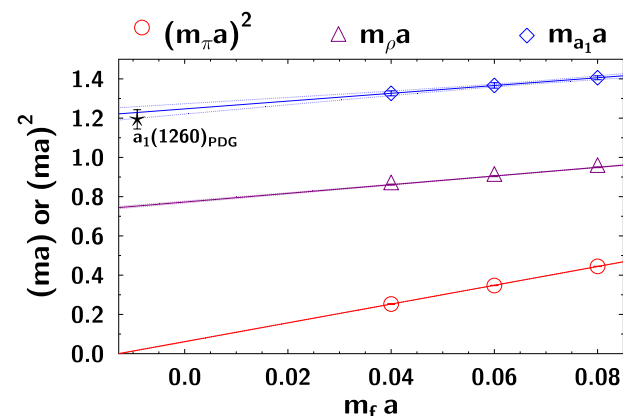


図 (シミュレーション結果)

# 物性系におけるマヨラナ有効模型の研究

東京大学 理学部 氏名 山本新

目的 物性系における2次元マヨラナ有効模型の相構造を第一原理計算によって解析する。

内容 時間反転対称性の秩序変数であるマヨラナ凝縮をモンテカルロ法を用いて計算した。

結果 時間反転対称性が破れる温度と結合定数の領域を明らかにした。

|         |        |
|---------|--------|
| 利用した計算機 | SX-ACE |
| ノード時間   | 100時間  |
| 使用メモリ   | 2GB    |
| ベクトル化率  | 99%    |
| 並列化     | 1並列    |

図 秩序変数の値

