

# 2019年 三者若手夏の学校 研究会プログラム & 概要集

更新 2019年7月9日

## 目次

<b>1</b>	はじめに	<b>3</b>
<b>2</b>	研究会 タイムテーブル	<b>4</b>
2.1	8月6日 . . . . .	4
2.2	8月8日 . . . . .	4
2.3	8月9日 . . . . .	5
<b>3</b>	研究会 概要集	<b>6</b>

# 1 はじめに

口頭発表は持ち時間が1人25分(発表20分+質疑応答5分)となっています。

8月6日			8月8日			8月9日		
時刻	座長	発表者	座長	時刻	発表者	座長	時刻	発表者
14:30		15分休憩		14:30	15分休憩		14:30	15分休憩
14:45	加須屋	小川 翔太 微視的応答型に基づく ${}^6\text{He}$ 共鳴状態の解析	赤石	14:45	伊藤 広晃 量子力学における局所性とBellの不等式(review)	大塚	14:45	宮本 亮祐 nnA系の三体構造に関する研究
15:10		南川 拓哉 パリティ二重項型を用いた高密度核物質の状態方程式		15:10	大野 晃 SU(2)純ゲージにおけるセンターボルテックスのパーシステントホモロジー解析		15:10	横口 雄仁 グラウバー理論による反陽子-原子核散乱の記述
15:35		15分休憩		15:35	15分休憩		15:35	15分休憩
15:50	加須屋	樋沢 規宏 TDHF+Langevinアプローチを用いた核融合による超重元素合成の記述(review)	赤石	15:50	鎌満 勝 ${}^{26}\text{Ne}$ 原子核の反転遷移の可視化	大塚	15:50	吉田 悠人 臨界点を含むクォーク物質の状態方程式
16:15		北村 徳隆 中性子過剰核 ${}^{30}\text{Mg}$ の核構造		16:15	金 龍照 ガウシアン基底関数・無限小変位ガウスローブ基底関数を用いた、 $\Omega\Omega N$ 三体問題の解析		16:15	開田 丈寛 有限密度における厳密な $Z_3$ 対称性を持つ格子QCD計算
16:40		15分休憩		16:40	15分休憩		16:40	15分休憩
16:55	森本	山本 拓実 NN $\Omega$ の3体構造について	伊藤	16:55	岡部 亮太 密度汎関数理論を用いた中性子過剰Ni同位体の低エネルギー2+状態	森本	16:55	堀 敬一朗 QCDとトポロジカルな非摂動効果
17:20		小路 薫 非中心力を考慮したエネルギー汎関数を用いた変分法による有限温度核物質状態方程式の研究		17:20	森本 雅智 NJL模型を用いた高密度クォーク物質中で生じるスピン偏極の解析		17:20	大塚 高弘 散乱によるカイラリティ変化の寄与を含むカイラル運動論の構築
17:45		終了		17:45	終了		17:45	終了

図 1: 数字は口頭発表者の通し番号

## 2 研究会 タイムテーブル

### 2.1 8月6日

#### 研究会 1 会議室（原子核会場）（14:30 ~ 17:45）

時間	No.	発表者	題目
14:30-14:45		※休憩	15分
14:45-15:10	1	小川 翔太	微視的反応模型に基づく ${}^6\text{He}$ 共鳴状態の解析
15:10-15:35	2	南川 拓哉	パリティ二重項模型を用いた高密度核物質の状態方程式
15:35-15:50		※休憩	15分
15:50-16:15	3	樋沢 規宏	TDHF+Langevin アプローチを用いた核融合による超重元素合成の記述 (review)
16:15-16:40	4	北村 徳隆	中性子過剰核 ${}^{30}\text{Mg}$ の核構造
16:40-16:55		※休憩	15分
16:55-17:20	5	山本 拓実	NN $\Omega$ の 3 体構造について
17:20-17:45	6	小路 薫	非中心力を考慮したエネルギー汎関数を用いた変分法による有限温度核物質状態方程式の研究

### 2.2 8月8日

#### 研究会 3 会議室（原子核会場）（14:30 ~ 17:45）

時間	No.	発表者	題目
14:30-14:45		※休憩	15分
14:45-15:10	7	伊藤 広晃	量子力学における局所性と Bell の不等式 (review)
15:10-15:35	8	大野 晃	SU(2) 純ゲージにおけるセンターポルテックスのパーシステントホモロジー解析
15:35-15:50		※休憩	15分
15:50-16:15	9	鎗溝 勝	${}^{20}\text{Ne}$ 原子核の反転遷移の可視化
16:15-16:40	10	金 龍熙	ガウシアン基底関数・無限小変位ガウスローブ基底関数を用いた、 $\Omega\Omega N$ 三体問題の解析
16:40-16:55		※休憩	15分
16:55-17:20	11	岡部 亮太	密度汎関数理論を用いた中性子過剰 Ni 同位体の低エネルギー 2+ 状態
17:20-17:45	12	森本 雅智	NJL 模型を用いた高密度クォーク物質中で生じるスピン偏極の解析

## 2.3 8月9日

### 研究会5 会議室（原子核会場）（14:30～17:45）

時間	No.	発表者	題目
14:30-14:45		※休憩	15分
14:45-15:10	13	宮本 亮祐	$nn\Lambda$ 系の三体構造に関する研究
15:10-15:35	14	槇口 雄仁	グラウバー理論による反陽子-原子核散乱の記述
15:35-15:50		※休憩	15分
15:50-16:15	15	吉田 悠人	臨界点を含むクォーク物質の状態方程式
16:15-16:40	16	開田 丈寛	有限密度における厳密な $Z_3$ 対称性を持つ格子QCD計算
16:40-16:55		※休憩	15分
16:55-17:20	17	堀 敬一郎	QCDとトポロジカルな非摂動効果
17:20-17:45	18	大塚 高弘	散乱によるカイラリティ変化の寄与を含むカイラル運動論の構築

### 3 研究会 概要集

#### 学生口頭発表 (発表 20 分 + 質疑応答 5 分)

##### 研究会 1 会議室 (14:30 ~ 17:45)

###### 口頭発表：小川 翔太 (九州大学)

題目：微視的反応模型に基づく  ${}^6\text{He}$  共鳴状態の解析

概要：

${}^6\text{He}$  は中性子ハロー核と呼ばれ、 ${}^4\text{He}$  に中性子 2 つが非常に弱く束縛し、中性子密度が非常に薄く広く分布した構造を持つ。近年の研究により、その基底状態に対しては理解が深まりつつあるが、励起状態である共鳴状態  $2_2^+$  についてはその存在が議論されている。本研究では比較的弾性・非弾性散乱の実験データが揃っている  ${}^6\text{He} + p$  反応に注目し、カイラル有効理論による核力と連続状態離散化チャネル結合法を組み合わせた微視的反応理論を用いて解析することで、 $2_2^+$  が断面積におよぼす寄与を評価した。

###### 口頭発表：南川 拓哉 (名古屋大学)

題目：パリティ二重項模型を用いた高密度核物質の状態方程式

概要：

核子の質量にはクォークの質量やカイラル対称性の自発的破れによる寄与とは異なるものがあると考えられており、その寄与をあらわに含んだ模型であるパリティ二重項模型を用いて高密度核物質系の解析を行った。特に、低エネルギーハドロン模型と高密度でのカラー超伝導の寄与を取り入れた NJL 模型との状態方程式を繋ぎ、その中間領域での解析の方法およびその結果について発表する。

###### 口頭発表：樋沢 規宏 (京都大学)

題目：TDHF+Langevin アプローチを用いた核融合による超重元素合成の記述 (review)

概要：

超重元素は今日の原子核物理において最も重要な話題の一つである。本発表では時間依存 Hartree-Fock (TDHF) を、Langevin アプローチに基づいた動的拡散モデルと組み合わせるといふ、超重元素の合成に対する新しいアプローチを紹介する。このアプローチの利点は、TDHF を用いて微視的に捕獲過程の最近接距離を見積もることで、実験パラメータによらない初期条件を動的拡散モデルに与えることが可能な点にある。今回は  $Z = 120$  の超重元素合成に注目し、このアプローチを 3 種類の高温核融合反応、 ${}^{48}\text{Ca} + {}^{254,257}\text{Fm}$ ,  ${}^{51}\text{V} + {}^{249}\text{Bk}$ ,  ${}^{54}\text{Cr} + {}^{248}\text{Cm}$  に適用した。計算結果によると、これらの反応の最近接距離は互いに類似しており、反応間での蒸発残留核が生成される確率の違いは、主に複合核の核分裂バリアの高さや励起エネルギーに影響を受ける蒸発過程から生じることがわかった。

### 口頭発表：北村 徳隆 (東京大学)

題目：中性子過剰核  $^{30}\text{Mg}$  の核構造

概要：

中性子過剰な不安定核領域では「反転の島」と呼ばれる魔法数の破れた領域の存在が明らかになっている。中性子過剰核  $^{30}\text{Mg}$  は反転の島の境界付近に位置しており、魔法性を失う過程を観測できる核種であるとともに、その核構造は反転の島の出現機構をより詳細に理解するために重要である。本研究では、 $^{30}\text{Mg}$  の励起準位のスピン・パリティをより高い精度で決定することを目指し、中性子ノックアウト反応を用いた  $^{30}\text{Mg}$  のインビームガンマ線核分光測定を行った。実験はミシガン州立大学の国立超伝導サイクロトロン研究所にて行い、 $^{30}\text{Mg}$  の励起状態から放出されるガンマ線を世界最高性能の検出器アレイ GREINA によって検出した。本講演では、データ解析によって得られた最新の励起準位構造とともに、殻模型による理論計算の結果を提示し、 $^{30}\text{Mg}$  の核構造を議論する。

### 口頭発表：山本 拓実 (九州大学)

題目： $\text{NN}\Omega$  の 3 体構造について

概要：

近年 HAL QCD グループより  $\text{N}\Omega$  の相互作用が提供された。その相互作用を用いた Faddeev Method による計算が H. Garcilazo らによって行われた。彼らの計算は NN 相互作用に Malfiet Tjon potential というシンプルなものを用い、S Wave のみの計算であった。口頭発表においては、NN 相互作用により現実的なものを用い、Gaussian Expansion Method により  $\text{NN}\Omega$  の三体構造計算を行い、その結果について議論する。

### 口頭発表：小路 薫 (早稲田大学)

題目：非中心力を考慮したエネルギー汎関数を用いた変分法による有限温度核物質状態方程式の研究

概要：

核物質の状態方程式は超新星爆発や中性子星などの天体現象を扱う上で不可欠なものである。また温度効果を見逃さないような現象においては有限温度の核物質状態方程式が必要である。そこで本研究では、現実的核力から出発した陽なエネルギー汎関数を用いた変分法により有限温度核物質状態方程式を計算する。この手法では、一核子あたりの（自由）エネルギーを二体分布関数の陽な汎関数として表し、Euler-Lagrange 方程式を解くことでこれを最小化する。先行研究において、二体核力としてテンソル力を含む AV6' ポテンシャル、三体力として  $2\pi$  交換項を含む UIX ポテンシャルを考慮したエネルギー汎関数が構築され、さらに有限温度核物質へと拡張した。本研究ではこの計算を広い密度・温度領域に拡張し、原始中性子星の構造計算を行う。

## 研究会 3 会議室 (14:30 ~ 17:45)

### 口頭発表：伊藤 広晃 (大阪大学)

題目：量子力学における局所性と Bell の不等式 (review)

概要：

局所性の破れは因果律の破れを引き起こす。したがって因果律の成立を指導原理とする物理理論はすべて局所性が成立している。しかし、量子力学における局所性の成立は自明ではない。そこで Bell は、局所性が成立するような相関についての簡単なモデル（隠れた変数理論）を構成し、隠れた変数理論の相関は Bell の不等式を満たすが、量子力学では破れることを示した。実際に 2015 年の実験で Bell の不等式の破れがほぼ確かめられた。本発表では Bell の論文等の review を行い、量子力学における局所性を議論する。

### 口頭発表：大野 晃 (九州大学)

題目：SU(2) 純ゲージにおけるセンターボルテックスのパーシステントホモロジー解析

概要：

量子色力学で記述されるクォーク・グルーオン物質は、閉じ込め相転移と呼ばれる相転移を起こすことが知られている。閉じ込め相を特徴づける性質としては、センターボルテックスの形成があるが、これはカラーの閉じ込めと深く関わりがあるとされている。そこで我々は、SU(2) 純ゲージ理論における格子計算で得られるセンターボルテックスの構造を、パーシステントホモロジーと呼ばれる手法を用いて解析した。パーシステントホモロジーは膨大なポイントクラウドデータの中からトポロジカルな構造を見つけ出すのに有効な手法であり、センターボルテックス線をトレースすることで閉じ込め相、非閉じ込め相の構造的特徴を抽出することが期待される。本講演では、その結果を踏まえて相転移の前後でセンターボルテックスの構造がどのように変化するかなどを議論する。

### 口頭発表：鑓溝 勝 (北海道大学)

題目： $^{20}\text{Ne}$  原子核の反転遷移の可視化

概要：

反転遷移という現象は  $\text{NH}_3$  分子をはじめとする非対称分子で起こることがよく知られていますが、原子核においても  $\text{NH}_3$  分子と同様な反転遷移が存在すると考えられており、その代表として  $^{20}\text{Ne}$  原子核があります。この  $^{20}\text{Ne}$  原子核における反転遷移は、原子核同士の散乱現象等の際に  $^{20}\text{Ne}$  が強い核力の相互作用を受けることによって生じることが知られています。その周波数は正負パリティ状態間の固有エネルギーの差におよそ比例し、 $^{20}\text{Ne}$  原子核の場合に概算してみるとおよそ 1022 GHz であり、 $\text{NH}_3$  分子の場合の約 23.6 GHz と比べるとかなり大きな値であることがわかります。この反転遷移の様子は原子核の内部構造を表す密度 (intrinsic density) を用いて記述されるため、実験で観測することはできません。本研究では、直線観測が不可能な  $^{20}\text{Ne}$  原子核内での反転遷移の様子を剛体模型を仮定することで観測可能な量 (transition density) から求めました。

### 口頭発表：金 龍熙 (九州大学)

題目：ガウシアン基底関数・無限小変位ガウスローブ基底関数を用いた、 $\Omega\Omega N$  三体問題の解析

概要：

ハイパー核の発見が盛んになっている近年、3つのストレンジネスを持つバリオンである  $\Omega$  粒子について HAL QCD 法により  $\Omega N \cdot \Omega\Omega$  間のポテンシャルが提供され、今年になって  $\Omega NN \cdot \Omega\Omega N$  三体問題の解析結果が論文として発表された。本研究では、ガウシアン・無限小変位ガウスローブを基底関数とした波動関数の展開法により改めて  $\Omega\Omega N$  三体問題を再解析・再計算した。同時に、 $\Omega$  粒子が崩壊してできる  $\Xi$  粒子の場合の解析も、 $\Xi - \Xi$  間ポテンシャルが提供され次第行う予定である。

### 口頭発表：岡部 亮太 (新潟大学)

題目：密度汎関数理論を用いた中性子過剰 Ni 同位体の低エネルギー  $2+$  状態

概要：

Ni は最近の研究で、 $^{78}\text{Ni}$  が  $Z = 28, N = 50$  の閉殻であるという実験証拠が提出され、注目されている元素です。他にも  $N = 28$  の二重魔法核  $^{56}\text{Ni}$  や、二重魔法核のような性質を見せる  $N = 40$  の  $^{68}\text{Ni}$  が存在し、非常に興味深いです。研究は、原子核の性質をよく記述できる密度汎関数理論に基づいて行なっています。本発表は、Ni 同位体を対象に、いくつかの汎関数での比較します。

### 口頭発表：森本 雅智 (高知大学)

題目：NJL 模型を用いた高密度クォーク物質中で生じるスピン偏極の解析

概要：

本研究は QCD 相図の低温高密度領域の相構造、および高密度クォーク物質のスピン偏極の性質を明らかにすることを目的としている。現実には高密度のクォーク物質が存在する可能性のある場所としてコンパクト星の内部などが考えられている。コンパクト星には非常に強い磁場を有しているものもあるが、この磁場の起源は未だ解明されていない。高密度クォーク物質中でスピン偏極が生じ、自発磁化が誘起されれば、コンパクト星の磁場の起源となり得る。そこで、この高密度クォーク物質のスピン偏極の性質を調べることができれば、コンパクト星の有する強い磁場を説明できる可能性があると言えよう。有限密度領域でのスピン偏極を解析するための有効模型として、3-flavor の南部-Jona-Lasinio (NJL) 模型に擬ベクトル型相互作用を付加した模型を採用し、有限密度領域の狭い範囲ではあるがスピン偏極相が出現することを示す。

## 研究会 5 会議室 (14:30 ~ 17:45)

### 口頭発表：宮本 亮祐 (九州大学)

題目： $nn\Lambda$  系の三体構造に関する研究

概要：

近年、 $nn\Lambda$  系の三体構造が束縛するのかどうかという議論がなされている。この系は中性子過剰な系の中でも最小な  $nn$  に  $\Lambda$  粒子が加わった形であり、この系が束縛するとなるとハイパー核の分野においてそれは  $\Lambda$  粒子が原子核に加わることで新たに得られる物理的性質をより深く知るための手がかりとなるため重大な発見となる。そして 2013 年に HypHI Collaboration によって実験においてこの系が束縛したことを観測したという発表がなされた。しかしながら、その後行われた理論計算ではこの系は束縛はしないという結果が出た。ただし、ここでは理論的に共鳴状態の存在までは言及されておらず、実験で観測したものが共鳴状態である可能性はある。そこで、この  $nn\Lambda$  系の共鳴状態について複素スケール法を用いた理論計算でその存在の有無を明らかにしていくことを目的とした研究の経過を発表する。

### 口頭発表：槇口 雄仁 (北海道大学)

題目：グラウバー理論による反陽子-原子核散乱の記述

概要：

電子や陽子を用いた散乱実験によって原子核の構造が調べられてきたが、反陽子散乱についてはその有用性はよく知られていない。反陽子-核子散乱の全断面積は陽子-核子散乱の倍程度あり、反陽子散乱は陽子散乱より表面分布に敏感であることが期待される。そこで本研究では、反陽子を用いた原子核散乱について考える。反陽子-原子核散乱は陽子-原子核散乱と同様にグラウバー模型の適用を行うが、そのためには、素過程である反陽子-核子散乱のプロファイル関数のパラメータを決定する必要がある。そこで、反陽子-核子散乱や反陽子-重陽子散乱の全断面積の実験データよりこれらの値を決定した、そのプロファイル関数を用いて、反陽子-原子核散乱の断面積を計算し、既存の実験データと比較した。このような結果を陽子-原子核散乱と比較を行うことで、反陽子散乱と原子核の表面分布の関係性を議論する。

### 口頭発表：吉田 悠人 (上智大学)

題目：臨界点を含むクォーク物質の状態方程式

概要：

量子色力学 (QCD) のラグランジアンは近似的にカイラル対称性を有する。低温・低密度状態では、カイラル対称性が動的に破れハドロン相をなす。一方、高温・高密度状態ではこの対称性が回復し、クォークグルーオンプラズマ (QGP) が現れる。QCD 相図において、ゼロ密度では状態方程式がハドロン物質から QGP に連続的につながっていることが第一原理計算によって分かっている。一方、有限密度領域においては、符号問題により第一原理計算が困難なため、状態方程式は明確に定まっていない。それでもいくつかのモデルによれば臨界点と 1 次相転移線が存在することが予言されている。そこで本研究では、高エネルギー原子核衝突反応の流体模型に組み込むことを念頭に、臨界点を QCD 相図の任意の位置に設定できる状態方程式を構築する。QCD と 3 次元イジング模型の臨界現象が、同じ普遍性クラスであることを利用することで、臨界点を含む状態方程式を構築する。

### 口頭発表：開田 丈寛 (九州大学)

題目：有限密度における厳密な  $Z_3$  対称性を持つ格子 QCD 計算

概要：

量子色力学 (QCD) の第一原理計算である格子 QCD により、有限温度・有限密度における QCD の相構造が広く研究されている。しかし、有限密度領域では符号問題と呼ばれる問題が生じ、当該領域での数値計算は困難である。この問題に対し、様々な手法が提案されているが、完全な解決には至っていない。これに対し我々は、厳密な  $Z_3$  対称性を持つ QCD ( $Z_3$ -QCD) による有限密度領域の格子計算に着手した。 $Z_3$ -QCD はゼロ温度で元の QCD に帰着することが知られており、これを用いることでゼロ温度・有限密度における QCD 相構造を解明する足がかりになると期待されている。本講演では、有限密度領域における  $Z_3$ -QCD の格子計算についての途中経過として、Polyakov loop とクォーク数密度の結果を報告する。

### 口頭発表：堀 敬一郎 (京都大学)

題目：QCD とトポロジカルな非摂動効果

概要：

低エネルギーでは摂動計算が困難な QCD において、その非摂動的効果を解析するための鍵はトポロジーにある。カイラル対称性を持った低エネルギー有効理論の skyrme model に現れる skyrmion や QCD の instanton はその一例である。この 2 つは Holographic QCD の文脈では同時に出現し、instanton はバリオンとみなせる。今回は対称性を課した ansatz(witten ansatz) によって 2 次元に reduction することで instanton 解を求める方法を紹介し、それを HQCD に適用しバリオンを (2+1) 次元系の vortex として解析する。

### 口頭発表：大塚 高弘 (大阪大学)

題目：散乱によるカイラリティ変化の寄与を含むカイラル運動論の構築

概要：

カイラルアノマリーに起因する輸送現象はカイラル輸送現象と呼ばれている。例えば、磁場と平行に電流が流れるカイラル磁気効果などの特異な現象が挙げられる。カイラル輸送現象のダイナミクスを精密に理解する上で、カイラリティに影響を与える要因を正確に考慮することは重要である。そこで本研究ではフェルミオン・光子間の散乱によるカイラリティの変化に着目して、それがカイラル輸送現象に与える影響を議論する。そのため、解析するための基礎方程式となる、散乱の寄与を取り込んだ各カイラリティのフェルミオンそれぞれに対する輸送方程式を構築する。