

原子核パート研究会概要集

2017年8月21日(月) - 2017年8月26日(土)
於 国立オリンピック記念青少年総合センター

目次

- 研究会日程
- 研究会概要
- ポスター発表概要

研究会日程

8/22(火)14:40-17:40 : 研究会 1-1

時間	名前	タイトル
14:40-15:40	入谷 匠	格子 QCD による核子系研究の現状と展望 (レビュートーク)
15:40-16:00	岩さき * 幸生	チャーモニウムにおけるハドロニック・パッション・バック効果
16:00-16:20	村田 大雅	QCD 臨界点近傍における非ガウスゆらぎの時間発展
16:20-16:40		休憩
16:40-17:00	鈴木 祥輝	$N=27$ のアイソトーンの魔法数の破れと変形
17:00-17:20	柳原 良亮	勾配流法を用いた格子 QCD 数値解析によるクォーク間相互作用の研究
17:20-17:40	開田 丈寛	effective Polyakov line 模型における符号問題

* 立つ崎

8/22(火)19:00-20:00 : 研究会 1-2

時間	名前	タイトル
19:00-19:20	茶園 亮樹	(d,p) 反応に対する断熱近似の検証
19:20-19:40	宮原 昌久	現象論的有効模型によるクォーク・ハドロン転移線の決定
19:40-20:00	田中 翔也	Multi-chance fission を導入した動力学模型による核分裂片質量分布の評価

8/24(木)10:40-12:00 : 研究会 2-1

時間	名前	タイトル
10:40-11:00	野地 和希	格子上のベータ・サルピータ振幅に基づくチャームクォーク質量の評価
11:00-11:20	清水 勇希	ハドロン分子模型を用いたチャームクォークを含むペンタクォークの解析
11:20-11:40	梶本 詩織	クォーク・グルーオン・プラズマ中におけるクォークコニウム束縛状態の時間発展
11:40-12:00	杉浦 巧	PNJL 模型 (レビュー)

8/24(木)19:00-20:00 : 研究会 2-2

時間	名前	タイトル
19:00-19:20	末永 大輝	チャームハドロンとカイラル対称性からひも解く 原子核の性質と我々の質量の起源
19:20-19:40	塚本 夏基	Nucleon structure from 2+1 flavor lattice QCD near the physical point
19:40-20:00	長久 拓	TBA

8/25(金)14:40-17:40 : 研究会 3-1

時間	名前	タイトル
14:40-15:40	山我 拓巳	実験で探るストレンジネスと原子核 (レビュートーク)
15:40-16:00	馬場 智之	炭素同位体における直鎖クラスター構造とその崩壊モード
16:00-16:20	安田 昌弘	陽子標的との反応による中性子過剰 F, Ne のインビーム γ 線核分光
16:20-16:40		休憩
16:40-17:00	松本 真由子	逆転の島領域にある中性子過剰核 ^{32}Ne の核分光
17:00-17:20	斗米 多貴人	分解反応を用いた中性子ハロー核 ^{31}Ne の核分光
17:20-17:40	村山 和行	強吸収モデルによる ^{16}O - ^{16}O 散乱の全反応断面積の解析

8/25(金)19:00-19:40 : 研究会 3-2

時間	名前	タイトル
19:00-19:20	板橋 浩介	nn review
19:20-19:40	山田 啓貴	核子剥離反応を用いた逆転の島近傍核の分光

研究会概要

8/22(火)14:40-17:40 : 研究会 1-1

入谷 匠 氏 (理化学研究所)

「格子 QCD による核子系研究の現状と展望 (レビュートーク)」

強い相互作用の基礎理論である QCD からハドロン間相互作用の統一的な解明は、原子核物理のみならず、中性子星の内部構造や超新星爆発、元素合成など天体物理とも深く関係する研究課題である。格子 QCD は QCD の第一原理計算であり、これまでの研究でハドロン質量や有限温度状態方程式など様々な成果を挙げ、近年では計算機性能の向上によりハドロン質量物理点での核子 2 体系計算が可能となった。本講演では、従来の核子系研究の問題点と HAL QCD 法 (ポテンシャル法) による解決、また最近のハドロン間相互作用の研究成果と今後の展望について発表する。

岩さき * 幸生 (東京工業大学岡研究室) * 立つ崎

「チャーモニウムにおけるハドロニック・パッシェン・バック効果」

本研究では強磁場下における p 波チャーモニウムのスペクトルと、変形した波動関数を計算した。磁場中のハドロンは近年注目されている分野であり、ここでは非相対論的に扱うことのできるチャームクォークのみからなる中間子、チャーモニウム (チャーム・反チャームクォークの束縛状態) に注目する。非相対論的に扱うため Schrödinger 方程式を考え、厳密解が得られないので数値的にこれを解く。摂動論では扱えない程度の強磁場を考えるため、ガウス展開法を用いてハミルトニアンを対角化する。発表では、計算から得られたスペクトル・波動関数の変形などを示し、実験に対する示唆を議論したい。更には、原子物理学においては強磁場中で軌道角運動量による準位の分裂が起きるパッシェン・バック効果が知られているが、チャーモニウムの数値計算においてもこの現象を確認することができた。

村田 大雅 (大阪大学原子核理論研究室)

「QCD 臨界点近傍における非ガウスゆらぎの時間発展」

QCD によって記述される媒質は有限温度・有限密度において多様な相構造を持つと考えられており、特にハドロン相とクォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) 相の間には一次相転移線およびその終点としての QCD 臨界点の存在が理論的に示唆されている。一方で近年、欧米の大型加速器における重イオン衝突実験によって QGP の人工的生成が可能となり、QCD 相図上の物理を実験的に検証する試みが行われている。その中でも QCD 臨界点探索は重イオン衝突実験の主な目的の一つと目されており、注目を集めるトピックである。本研究では重イオン衝突の文脈で QCD 臨界点付近における保存電荷の臨界ゆらぎ、特に今回は臨界点の影響をより濃く反映すると考えられている高次の非ガウスゆらぎの時間発展を調べた。QCD 臨界点の存在が、非ガウスゆらぎの時間発展にどのような影響を与えるか議論する。

鈴木 祥輝 (北海道大学原子核理論研究室)

「 $N=27$ のアイソトーンの魔法数の破れと変形」

中性子数が 28 に近い中性子過剰核では、魔法数 $N=28$ が破れ、それに伴って原子核が変形することが確認されている。このとき、陽子数や中性子数によって原子核の形状が異なり、各原子核がどのように変形するのかということに興味を持たれている。本研究では AMD と GCM を適用し、 $N=27$ のアイソトーンである ^{41}Si と ^{45}Ar に関して、エネルギースペクトルと各状態の原子核の形状を調べた。結果、 ^{41}Si と ^{45}Ar のどちらにおいても、基底状態の原子核はオブレート変形をし、低励起状態ではプロレート変形する状態が現れることがわかった。

柳原 良亮 (大阪大学原子核理論研究室)

「勾配流法を用いた格子 QCD 数値解析によるクォーク間相互作用の研究」

カラー電荷をもつクォーク・反クォークが空間に配置されると、QCD の非可換性のためにエネルギーが空間全体に広がることができず、カラー電磁場は 1 次元的なチューブに集約される。この構造はフラックスチューブと呼ばれ、その存在はクォーク閉じ込め描像を与える。本研究では、勾配流法という手法を用いた格子 QCD 数値解析により、フラックスチューブ周辺のエネルギー運動量テンソルの測定を行い、クォーク・反クォーク系における相互作用を明らかにする。

開田 丈寛 (九州大学理論核物理研究室)

「effective Polyakov line 模型における符号問題」

QCD 相図の解明は、物質の誕生や中性子星などに関わる、重大な課題である。格子 QCD 計算はこの課題に対する強力な手法としてよく用いられるが、有限密度領域では符号問題により計算が実質不可能となる。この問題に対する新しい手法として、QCD に Z_3 対称性を厳密に取り入れた Z_3 -QCD を用いるものがある。これは有限密度における符号問題が緩やかになると予想され、これより、特に低温高密度領域における QCD の情報を獲得できると期待される。本研究では、格子 QCD の有効模型である effective Polyakov line 模型を用いて、 Z_3 対称性と符号問題の関連性について、数値計算を行った。その結果、 Z_3 対称性を取り込むことで符号問題が弱まることが分かった。本講演では Z_3 対称性に関する結果に加え、独自改良した最重み法を用いた際の結果についても報告する。

8/22(火)19:00-20:00 : 研究会 1-2

茶園 亮樹 (大阪大学 RCNP 理論部)

「 (d,p) 反応に対する断熱近似の検証」 安定核の研究で得られた知見では説明できない、魔法数の変化や「反転の島」の形成といった不安定核に見られる現象の発現機構の解明には、不安定核内の核子の一粒子軌道の詳細な情報が必要である。一粒子軌道を調べる有効な手法として、重陽子を用いた中性子移行反応 ((d,p) 反応) が挙げられる。 (d,p) 反応の記述において、多くの場合、重陽子の分解効果が極めて重要となる。実験解析の際には、この分解効果を取り込むのに、断熱近似がよく用いられるが、 (d,p) 反応におけるこの近似の精度を系統的に検証し

た研究は少ない。本研究では、断熱近似の結果と、重陽子の分解効果を陽に取り扱う連続状態離散化チャネル結合法 (CDCC) の結果を比較することで、断熱近似の精度を系統的に検証し、また断熱近似が機能しないケースの背後にある物理を考察する。

宮原 昌久 (九州大学 理論核物理研究室)

「現象論的有效モデルによるクォーク・ハドロン転移線の決定」

QCD 相図は、宇宙進化や物質の起源といった興味深い事象と密接な関係があり、解明が強く望まれている。QCD 相図の解明に向けた試みの一環である格子 QCD 計算を用いた研究によって、有限温度・ゼロ密度におけるハドロン相からクォーク相への相転移はクロスオーバーであることが確認されている。格子 QCD 計算の結果に対する有効モデルによる解析が盛んに行われており、格子 QCD 計算では解析が難しい有限密度領域へのアプローチも様々な有効モデルによってなされている。本研究では、ハドロンからクォークへの遷移をそれぞれの自由度を記述する有効モデルを用いて現象論的に解析する。

田中 翔也 (近畿大学核反応エネルギー研究室)

「Multi-chance fission を導入した動力学モデルによる核分裂片質量分布の評価」

近年、核分裂研究において Multi-chance fission (MCF) の効果が注目されており、MCF が核分裂片の全運動エネルギー (TKE) や核分裂片質量分布 (FFMDs) に与える影響について盛んに議論されている。本研究では、我々が開発している原子核反応をシミュレーション可能な理論計算モデルに、MCF の効果を取り入れることによって、MCF が実験データに与える影響を示すと共に、理論計算の精度向上を目的としている。また、原子核の崩壊過程を扱う理論モデルとして動力学モデルを採用し、動力学モデルには揺動散逸定理を用いたランジュバン方程式を採用した。その結果、MCF の効果を導入することによって、実験データに現れている高励起複合核における FFMDs の非対称分布を再現することに成功し、MCF が実験データに与えている影響を、理論計算によって示すことができた。今後は、核分裂片の TKE や角度分布に MCF が与えている影響について、議論していきたいと考えている。

8/24(木)10:40-12:00 : 研究会 2-1

野地 和希 (東北大学原子核理論研究室)

「格子上のベータ・サルピータ振幅に基づくチャームクォーク質量の評価」

QCD に基づいたクォーク・反クォーク間相互作用の理解は、ポテンシャルモデルへのインプットを与えるために重要である。QCD の強結合性から摂動計算は困難であり、近年では格子上のウィルソンループを用いた格子 QCD に基づくポテンシャルの評価が行われている。しかしながら、ウィルソンループではクォーク質量を無限大であると仮定している。そこで本発表では、HAL Collaboration によって提案された方法を用いてチャーモニウムが従うクォーク間ポテンシャルならびにチャームクォーク質量を評価し、その相対論的な効果についても議論する。

清水 勇希 (名古屋大学クォーク・ハドロン理論研究室)

「ハドロン分子模型を用いたチャームクォークを含むペンタクォークの解析」

ハドロンとは、複数のクォーク（とグルーオン）の束縛状態からなる複合粒子である。典型的なクォークモデルによるハドロンの分類では、クォーク2個からなるメソンと、クォーク3個からなるバリオンに分類される。しかしQCDからはよりクォーク数の多い粒子の存在を禁止できない。例えばクォーク4個のテトラクォークや5個のペンタクォークなどがある。2003年にペンタクォーク Θ^+ や、テトラクォーク $X(3872)$ が発見されたのを皮切りに、現在までに複数のエキゾチックハドロンが発見されている。2015年にはLHCb実験でペンタクォーク $P_c(4380)$ と $P_c(4450)$ が発見された。これらはチャームクォークを組成に含むペンタクォークであり、重いクォークを含むハドロン物理の理解につながるとして注目されている。本発表ではメソンとバリオンが束縛状態や励起状態を作りペンタクォークとなるハドロン分子模型を用いた解析結果を紹介する。

梶本 詩織 (大阪大学原子核理論研究室)

「クォーク・グルーオン・プラズマ中におけるクォーコニウム束縛状態の時間発展」

重イオン衝突実験において、 J/ψ 粒子や Υ 粒子などといった重いクォーコニウムの収量抑制は、QGP生成の重要なシグナルとされている。このシグナルからQGPの情報を遡って得るためには、媒質中でのクォーコニウムについてそのダイナミクスから理解する必要がある。本研究では、量子開放系の概念を用いて得られた確率論的ポテンシャル模型から導かれる方程式を数値計算することによって、QGP中におけるクォーコニウムの束縛状態の存在確率や崩壊率を議論する。

杉浦 巧 (京都大学原子核理論研究室)

「PNJL 模型 (レビュー)」

QCD相転移を記述するための代表的な方法としてPolyakov loopによる解析とNJL模型による解析の2つがある。Polyakov loopはstatic quarkに対し閉じ込めの秩序変数になっており、NJL模型はquarkの質量がゼロであるときにカイラル相転移を記述することができる模型である。この2つの解析を上手く組み合わせることで新しくQCD相転移を解析するための有効模型であるPNJL模型が作られた。本発表ではこのPNJL模型に関連した論文のレビューをする。

8/24(木)19:00-20:00 : 研究会 2-2

末永 大輝 (名古屋大学)

「チャームハドロンとカイラル対称性からひも解く原子核の性質と我々の質量の起源」

原子核を考える際の主役である「核子」、そして核子間の結合を担う「パイオン」、これらの粒子は量子色力学(QCD)に基づき複数のクォークが結合して作られている。しかし「QCD」は低エネルギーでは摂動計算が破綻しており、その結果、核子の質量起源やパイオンの力学等をQCDレベルで理解するのは困難を極める。このようにQCDが持つ困難を解決する際の有力な手法の一つに、「有効模型」というものがある。これは、QCDが持つ対称性に焦点を当て、そ

の対称性の振る舞いを基にハドロンの有効ラグランジアンを構築して現象を説明する、という手法である。本トークでは、QCDが持つ「カイラル対称性」と呼ばれる対称性を基に核子やパイオンを記述する有効モデルを構築し、そこから原子核の性質を説明する方法について述べる。さらにチャームハドロンの一つである「D中間子」を用いて原子核中でのカイラル対称性の情報を引き出し、核子質量の起源に迫る方法について述べる。

塚本 夏基 (東北大学原子核理論研究室)

「Nucleon structure from 2+1 flavor lattice QCD near the physical point」
体積 $(8.1\text{fm})^4$ の格子での 2+1 フレーバー物理点近傍の格子 QCD 計算での形状因子について報告する。K.-I. Ishikawa *et al.*, PoS (LATTICE2016) 158 (2017). のアップデートとして電氣的、磁氣的な形状因子及び軸性電荷と新たに軸性ベクトル、擬スカラー形状因子についても考察する。

長久 拓 (北海道大学原子核理論研究室)

「TBA」
TBA

8/25(金)14:40-17:40 : 研究会 3-1

山我 拓巳 氏 (大阪大学 RCNP)

「実験で探るストレンジネスと原子核 (レビュートーク)」
J-PARC (大強度陽子加速器施設) では、大強度のハドロンのビームを用いて様々な実験を行っている。中でも、ハイパー核や反 K 中間子原子核の探索実験では、これまで使われていなかった反応を使った新しい実験が行われてきた。特に、反 K 中間子原子核は理論的に存在が示唆されて長く、実験的に存在を確かめることが強く求められてきた問題であり、最近の実験結果でその生成を確認することに成功した。本講演では、これらの実験の概要と結果を紹介し、今後の展望について述べる。

馬場 智之 (北海道大学原子核理論研究室)

「炭素同位体における直鎖クラスター構造とその崩壊モード」
1950年代に3つアルファ粒子による直鎖クラスター配位が提唱されて以来、その極めて高い変形度や特異なクラスター構造が興味をもたれ、直鎖クラスター構造の存在可能性や性質が多くの理論によって調べられてきた。現在、炭素同位体における直鎖クラスター状態の研究は中性子過剰核において為されており、余剰中性子の存在によって直鎖クラスター構造の安定化する可能性が示唆されている。また、最近、 ^{14}C において $4\text{He} + 10\text{Be}$ の共鳴状態が相次いで観測されており、反対称化分子動力学 (AMD) において予測されている直鎖クラスター状態の励起エネルギーおよびアルファ崩壊幅とよく一致している。そこで、本発表では、AMDを用いて ^{14}C や ^{16}C に対して励起エネルギーおよびアルファ崩壊幅、 6He 崩壊幅を求め、 ^{14}C では実験で得られた共鳴状態との比較を、 ^{16}C では今後の実験の指標となる予言を行う。

安田 昌弘 (東京工業大学中村研究室)

「陽子標的との反応による中性子過剰 F, Ne のインビーム γ 線核分光」

陽子数 $Z=10-12$ の領域では、殻構造の変化により中性子の魔法数 20 が消失することが知られている。これらの核を調べることで、中性子過剰な領域での殻構造の変化についての理解を進めることが出来る。我々は、 ^{29}F 及び ^{30}Ne ビームと液体水素標的との反応を用いて、逆転の島近傍の核のインビーム γ 線核分光を行った。本講演では、その結果から逆転の島における殻構造の変化について議論する。

松本 真由子 (東京工業大学中村研究室)

「逆転の島領域にある中性子過剰核 ^{32}Ne の核分光」

逆転の島領域の中性子過剰核は、魔法数 20 が消失し、球対称性を破って原子核が強く変形すると考えられている。しかし、中性子数が過剰になるにつれてどのように変形度が変化するのか実験的に定量的に明らかになっていない。そこで我々は逆転の島に属する中性子過剰核 ^{32}Ne に注目し、理化学研究所の RIBF の SAMURAI スペクトロメータを用いて、その励起準位を調べる実験を行った。本講演ではインクルーシブ反応断面積を含め、本実験の解析結果を報告する。

斗米 貴人 (東京工業大学中村研究室)

「分解反応を用いた中性子ハロー核 ^{31}Ne の核分光」

^{31}Ne は「逆転の島」領域に位置し、 ^{30}Ne をコアとする 1 中性子ハローを持つ核として注目されている。 ^{31}Ne はさらに、魔法数 $N=20$ が消失して強く変形した状態が現れることが知られているが、これまで変形度は直接的に測定されていなかった。我々は ^{31}Ne の回転準位の観測と変形度の特定を目的として、 ^{31}Ne 及び ^{32}Ne について、理研 RIBF の SAMURAI スペクトロメータを用いて分解反応実験を行った。本実験では ^{31}Ne ビームを炭素および鉛標的に、 ^{32}Ne ビームを炭素標的に照射し、分解後の粒子を同時検出して不変質量核分光を行った。本講演ではこれまでに得られた相対エネルギースペクトルについて議論する。

村山 和行 (北海道大学原子理論研究室)

「強吸収モデルによる ^{16}O - ^{16}O 散乱の全反応断面積の解析」

全反応断面積は弾性散乱を除いた全ての反応過程の総和で定義され、核半径や密度分布を知ることができる基本的な観測量の一つである。高エネルギーの原子核散乱では、相互作用領域で完全吸収とみなす強吸収モデルが有効で、理想的には微分弾性散乱断面積の第一ピークの散乱角と全反応断面積が一对一対応することが知られている。しかし、実際の原子核散乱の場合には、核表面のぼやけやクーロン力効果によって必ずしもその対応がよく成り立つとは限らない。本研究では ^{16}O - ^{16}O 散乱を例にとり、現実的な反応モデルとの比較を行い、その違いについて議論する。

8/25(金)19:00-19:40 : 研究会 3-2

板橋 浩介 (東北大学原子核物理実験研究室)

「nn review」

JLab で真

山田 啓貴 (東京工業大学中村研究室)

「核子剥離反応を用いた逆転の島近傍核の分光」

「逆転の島」と呼ばれる領域では、基底状態において $2p2h$ 状態が支配的となり強く変形することが知られているが、その仕組みについては未解明である。励起準位は殻構造を反映するため、逆転の島領域の原子核を調べることにより、殻構造の変化を探ることができる。そこで我々は、理化学研究所の RI ビームファクトリーにおいて、逆転の島近傍の原子核を対象とした分解反応実験を行った。本講演では、これまでの解析で得られた結果について報告する。

8/23(水)13:00- : ポスター発表概要

川上 洋平 (名古屋大学クォーク・ハドロン理論研究室)

「カイラルパートナー構造を取り入れたチャームバリオンの解析」
チャームバリオンがダイクォークのカイラルの表現をもつことに着目し、カイラルパートナー構造を取り入れたモデルを構築した。

黒田 佳樹 (名古屋大学クォークハドロン理論研究室)

「拡張された線型シグマモデルに基づいたスカラー中間子の研究」
クォークが強い相互作用によって束縛された複合粒子をハドロンと呼ぶ。ハドロンの質量は構成するクォークの質量だけからは説明することが困難である。例えば陽子の質量が1GeVであるのに対し、構成する uud クォークの質量をあわせても10MeV程度である。この質量差を生み出す機構として低エネルギーでのカイラル対称性の自発的破れという機構が存在する。カイラル対称性の破れにおいて重要な粒子はNGボソンとそのカイラルパートナーであるシグマ粒子である。シグマ粒子は J^{PC} が 0^{++} のスカラー中間子である。実験的にはこの量子数を満たす粒子として5種類の f_0 中間子が観測されているが、未だどれがシグマ中間子であるかは解明されていない。本研究では、シグマ中間子を含んだ低エネルギーカイラル有効モデルである、拡張された線型シグマモデルを構成し、ハドロン質量の起源の情報を得ることを目的としている。

多田 智美 (名古屋大学 F 研究室)

「Nano Imaging Tracker の重イオン実験への応用可能性の検討」
Nano Imaging Tracker (NIT) とは、方向感度を持った暗黒物質の直接探索実験 NEWSdm (Nuclear Emulsion for WIMPs Search) の為に開発された超微粒子原子核乾板である。WIMP s の反跳原子による飛跡を読み取る為に、数10nmの空間分解能をもつ。今回、CERNにてNITに150GeVの鉛イオンビームを照射したところ、核破砕を起こし明らかに価数の異なる飛跡が輝度の情報により確認できた。そこで、画像処理システムを開発しNITが重イオンの価数に対し識別能を持つ可能性を提示した。今回、画像処理とその評価結果について発表し、重イオン実験において価数を測定することが出来、かつサブミクロンの空間分解能をもつこの検出器でできる新しい物理について議論したい。

武田 悠佑 (名古屋大学クォークハドロン理論研究室)

「パリティ2重項モデルを用いたデルタ物質の解析」
我々はパリティ2重項モデルを用いて $N(939)$ と $\Delta(1232)$ の質量の密度依存性を計算した。また、低温高密度での相構造を解析し、標準原子核密度の2倍から3倍で核物質から核物質とデルタ物質の共存相へ転移することを発見した。デルタ物質が存在するような状況で、質量や系の圧力、対称エネルギーの密度依存性を示す。

外山 裕一 (東北大学原子核物理研究室)

「光生成したハイパー核の寿命測定実験」

東北大学電子光理学研究センター (ELPH) において H3 Λ 直接寿命測定の実験を計画している。そのために SiPM(Silicone Photomultipliers) を用いたハイパー核の直接寿命測定用のための高時間分解能検出器・TDL(Timing counter for Direct Lifetime measurement of hypernuclei) を開発した。実験手法の原理検証を行うため、2017年4月に ELPH において水素標的を用いて Λ 粒子の寿命測定実験を行った。原理検証実験の結果、今後の H3 Λ の寿命測定実験計画について報告する。