
会場 F

実験核物理・理論核物理領域

F-1

ホイル状態対崩壊実験に向けた検出器系のテスト： α (^{16}O , α_1) 反応の測定

九大理^A 井元悠介^A, 寺西高^A, 田中久登^A, 松永琳太郎^A, 藤本真広^A

現在我々は、天体におけるトリプルアルファ反応率の決定に必要な実験パラメーターである ^{12}C 第二励起状態 ($^{12}\text{C}^*$; ホイル状態) の放射崩壊分岐比 (10^{-5} 程度) を精密に決定するため、反応過程 $\alpha(^{12}\text{C}, \alpha_2)^{12}\text{C}^*$; $^{12}\text{C}^* \rightarrow ^{12}\text{C} + e^+e^-$ における反跳 α 粒子と電子・陽電子対の同時測定を行う実験を計画している。この実験では、 ^{12}C ビームとヘリウムガス標的を用い、 α_2 は 0 度に設置した半導体検出器で、電子・陽電子対はヘリウムガス標的の周囲に設置したプラスチックシンチレータでそれぞれ検出される。

今回、過去に行った検出器系のテスト結果を踏まえ、検出器系の改良を行いバックグラウンドの低減や分解能の向上をめざした。また、改良された検出器系を用いて、 ^{16}O ビームとヘリウムガス標的により生成される ^{16}O 第一励起状態の対崩壊を観測するテスト実験を九州大学タンデム加速器施設において行った。 ^{16}O 第一励起状態の対崩壊分岐比は 100% であるため検出器系のテストに適している。今回の実験では、 ^{16}O ビームエネルギーを 41.5–45.1 MeV の範囲で変化させ、 $\alpha(^{16}\text{O}, \alpha_1)$ 反応およびバックグラウンドとなる $\alpha(^{16}\text{O}, \alpha_2)$ 反応の励起関数を測定した。その結果から、最もバックグラウンドの影響が少なく、テストに最も適したエネルギーは 42.0 MeV であることがわかった。本講演ではこの他に、検出器系の性能評価結果を示し、ホイル状態に関する本測定へ向けての展望を述べる。

F-2

r 過程における中性子捕獲反応断面積決定のための $d(^{124}\text{Sn}, p)$ 反応の測定

九大理^A, 東大 CNS・理研・他^B 田中久登^A, 寺西高^A, for SAKURA collaboration^{A,B}

r 過程の中で重要な役割を担っている反応の一つである $^{130}\text{Sn}(n, \gamma)$ の断面積は、 ^{130}Sn が不安定核であるため直接測定することが困難である。そこで我々は、 ^{130}Sn ビームと重陽子標的を用いて、逆運動学条件で代理反応 $^{130}\text{Sn}(d, p)^{131}\text{Sn}$ を測定する実験を行い $^{130}\text{Sn}(n, \gamma)$ を決定することを目指した。また、このとき基準データとして既知の $^{124}\text{Sn}(n, \gamma)$ 断面積を用いるため、その代理反応である $^{124}\text{Sn}(d, p)^{125}\text{Sn}$ の測定も同じ実験で行った。

実験は RIBF OEDO ビームラインにおいて行われ、核子あたり約 30 MeV の ^{130}Sn および ^{134}Sn ビームが厚さ 1.2 mg/cm^2 の $(\text{CD}_2)_n$ 標的に照射された。標的上の反応位置は位置検出器 (SR-PPAC) により決定された。 (d, p) 反応による反跳陽子は反跳粒子用検出器 TiNA により検出された。前方角度に放出される重イオンの反応生成物は磁気分析器 SHARAQ を通過した後、第 1 焦点面に設置された SR-PPAC と電離箱からなる検出器系により検出された。本講演では、SR-PPAC および電離箱に関する実験データ解析を中心に解析の現状を報告し、 $^{130}\text{Sn}(n, \gamma)$ 反応断面積決定のための今後の解析の道筋を説明する。

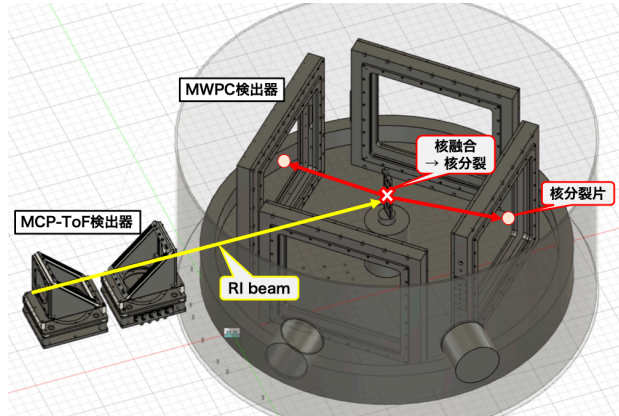
F-3

核分裂片測定に向けた MWPC 検出器の開発

九州大学大学院理学府^A, 九州大学大学院理学研究院^B, 九州大学超重元素研究センター^C, 九州大学基幹教育院^D, 九州大学理学部^E 能見幹都^A, 坂口聡志^B, 庭瀬曉隆^B, 田中聖臣^D, 松浦開^A, 道本優也^A, 山之内邑希^A, 宮下直人^E, 藤井友喜^E, 北川直之^E

アクチノイド核の核分裂には核分裂片の質量数がほぼ等しい対称分裂と、それらが大きく異なる非対称分裂があるが、どちらの現象がより顕著に起こるかは、親核の陽子数および中性子数に依存して急激に変わりうる。また、中性子過剰アクチノイド核の核分裂に対する安定性は、超ウラン核合成の起源である r-process と密接な関係があり、広く興味の対象となっている。核分裂片の位置・タイミングを測定するための検出器として、多芯線比例計数管 (Multi-Wire Proportional Counter : MWPC) が存在する。MWPC 検出器は物質量の少ない高位置分解能検出器として重要な役割を果たしており、荷電粒子のみに応答するため核分裂片を容易に検出できるとともに、シリコン検出機のように放射線による検出器の性能低下がないといった利点がある。そこで我々は中性子過剰核

を用いた融合反応に伴う核分裂の研究のため、MWPC の開発を行っている。本講演では、開発の現状について紹介する。



F-4 超重元素合成実験における解析手法の開発

九大院理^A, 理研仁科センター^B, 概要の末尾に記載^C 松浦開^{A,B}, 坂口聡志^{A,B}, 庭瀬暁隆^{A,B}, nSHE collaboration^C

現在、我々のグループは新元素となる 119 番元素の合成に向けた実験を、理化学研究所にて国際共同研究として実施している。これまでに 118 種類の元素が発見され、周期表の第 7 周期までが完成した。日本では理化学研究所の森田グループが 113 番元素を発見し、2016 年にニホニウムと命名されている。

原子番号が 104 番以降の超重元素は、重イオン核融合反応により合成されてきた。119 番元素合成実験では $^{51}\text{V} + ^{248}\text{Cm}$ 反応を用いるが、この反応によって目的の原子核が合成される反応断面積の理論予測値は 6 fb や 12 fb[1] と非常に小さい。実際、前述のニホニウム合成実験の反応断面積は 22 fb[2] であった。そのため、膨大なバックグラウンドイベントに比べて真のイベントの数が非常に少なく、一つのイベントも取り逃さないことから、高速かつ高精度な解析手法が求められる。本研究では、解析の信頼性と客観性の担保、イベントの見逃し防止などの観点から、理化学研究所とは独立に九州大学で解析を行った。

実験では粒子の飛行速度を測定するための MCP-TOF 検出器、蒸発残留核 (ER) やその α 崩壊エネルギーを測定するための Si ストリップ検出器ボックス、軽粒子イベントを除外するための VETO 検出器を用いている。そこで、例えば MCP-TOF 検出器がヒットし、Si 検出器で高いエネルギーが検出されて、VETO 検出器の反応がない場合には ER が到来したイベントである、などと各データのイベントの種類を判定し、タグ付けを行ってリスト化した。このリストから α 崩壊連鎖を探し出して、その時間間隔や α エネルギーが既知核の崩壊連鎖と矛盾がないか、という観点から 119 番合成イベントを探索する。

本講演では、実験の詳細なセットアップやデータ解析におけるイベント識別の方法などについて紹介する。

[1] G.G. Adamian et al., Nucl. Phys. A 970, 22 (2018) ; K. Siwek-Wilczynska et al., Phys. Rev. C 99, 054603 (2019)

[2] K. Morita et al., J. Phys. Soc. Jpn. 81, 103201 (2012)

nSHE collaboration: ANU, IMP, IPHC, JAEA, Kyushu Univ., Niigata Univ., ORNL, Osaka Univ., RIKEN Nishina Center, Saitama Univ., Tohoku Univ., UTK, and Yamagata Univ.

F-5 Xe 原子 EDM 探索に向けた同位体共存磁力計の開発

九大理^A, 東工大科技創成^B, 理研仁科セ^C 立川柊平^A, 市川雄一^A, 谷本昂平^A, 佐藤智哉^B, 安藤蒼太^A, 篠原悠介^A, 山本陽介^A, 西畑洗希^A, 郷慎太郎^C, 高峰愛子^C, 上野秀樹^C, 旭耕一郎^C

標準模型を超える CP 対称性の破れを探索するため、我々は反磁性原子 Xe の永久電気双極子モーメント (EDM) の探索を行なっている。本研究では、異核種同位体である ^{129}Xe および ^{131}Xe 原子の両方を、EDM の測定対象かつ共存磁力計として用いる異核種同位体核スピンメーザーを開発し、これら Xe 同位体原子の歳差周波数を精密に測定することで EDM の検出を目指す。本研究で用いる核スピンメーザーでは、Xe 原子の核スピン歳差運動を Rb 原子を介して光学的に検出し、その位相情報をもとに帰還磁場を生成することで、核スピンのコヒーレンスを維持することができ、長時間の歳差周波数測定を可能にする。また、共存磁力計は異なる 2 つの原子の歳差運動を同時に測定してその周波数比をとることにより、環境磁場の変動による歳差周波数不定性を排除することができる機構である。EDM 測定に向けた本測定システムにおいて、Rb 原子偏極に用いるポンピングレーザーや Xe 核スピン歳差運動の光学的検出に用いるプローブレーザーの動作安定化の開発を行い、歳差周波数の決定精度の向上を目指している。本講演では、異核種 Xe 同位体 (^{129}Xe , ^{131}Xe) 共存磁力計を用いた核スピンメーザーの開発の進捗について発表する。

F-6

九州大学加速器・ビーム応用科学センターにおける新ビームライン開発

九大院理^A, 九州大学加速器センター^B 竹中京平^A, 若狭智嗣^A, 西畑洗希^A, 岩村龍典^B, 荒殿和希^A, 梶原孝文^A, 立川松平^A, 長尾陽平^A, 田中裕典^A, 谷本晃平^A, 山本陽介^A

現在、九州大学内 CABAS のタンデム加速器を用いて、陽子で最大 14MeV での実験が可能である。

我々のグループでは、より高いエネルギー領域での実験のため、同じく CABAS で開発されている FFA 加速器からのビーム利用に向けた開発を行なっている。

FFA 加速器は周長が約 30m のシンクロサイクロトロンで、陽子を光速の約 50% の 100 MeV まで加速することが可能である。

我々はこのビームを用いて中性子を発生させ、その反応断面積から原子核の中性子半径を求める実験を計画している。

また、このエネルギー領域の中性子は半導体の放射線耐性を調べる上でも重要であり、CABAS での測定を通して地域貢献も出来ると考えている。

本講演では、FFA からのビームを実験室に導く新ビームラインおよび中性子発生系に関して、(1) シーケンサと LabVIEW ベースの遠隔真空制御システムの整備、(2) ビームライン電磁石の CST/Opera を用いたモデリング、(3) モデルとシミュレーションに基づくビーム軌道計算について報告する。

また、併せて開発・整備を進めている、中性子検出器における電荷情報を用いない n- γ 弁別についても現状を報告する。これにより、SPADI と呼ばれる高速データ収集系でのデータ収集を実現する計画である。

F-7

重陽子-陽子弾性散乱の偏極相関係数測定に向けた偏極陽子標的の偏極度測定

九大院理^A, 東工大院理^B, 理研仁科セ^C, 東北大院理^D, 阪大 RCNP^E 荒殿和希^A, 若狭智嗣^A, 西畑洗希^A, 梶原孝文^A, 平沢健斗^A, 関口仁子^B, 渡邊跡武^B, 齋藤由子^D, 丸田祥輝^D, 松井貴哉^D, 鈴木小太郎^B, 立石健一郎^C, 三浦大輔^C, 吉田英智^E

原子核を構成する陽子と中性子をまとめて核子と呼ぶ。二核子間にはたらく二体核力は、実験データを十分な精度で再現する現実的核力モデルが 1990 年代に確立された。しかしながら、そのような核力を組み合わせて用いても三体系の束縛エネルギーは再現しなかった。その後の理研における偏極重陽子-陽子の三核子系の弾性散乱データにより三体核力の存在は確実なものとなったため、三体核力モデルの確立が求められている。現在の三体核力モデルは、弾性散乱の断面積は半定量的に再現するものの偏極分解能は再現できておらず、観測を増やしモデルを精緻化する必要がある。そのため我々は、新たな観測として偏極相関係数の測定を目指している。今回、新たに開発している散乱粒子測定系のテストとナフタレンを用いた陽子標的の偏極度測定を兼ねたビーム実験を HIMAC にて行った。200 MeV まで加速した陽子と標的中の偏極陽子との弾性散乱の同時測定・飛跡再構成を行うことで測定系の性能評価を行い、その非対称度から陽子偏極度を校正した。講演ではその結果を報告する。

F-8 陽子偏極度計の偏極分析能向上のための MWDC を用いた 2 陽子同時測定

九大院理^A, 阪大 RCNP^B 梶原孝文^A, 山下渉^A, 若狭智嗣^A, 西畑洗希^A, 田中裕典^A, 荒殿和希^A, 谷本昂平^A, 長尾陽平^A, 山本陽介^A, 岸本侃己^A, 竹中京平^A, 大田晋輔^B, 小林信之^B, 吉田英智^B

我々のグループでは原子核内での核子・核子 (NN) 散乱に対応する ($p,2p$) 反応の後方スピン移行量を陽子偏極度計 2nd-FPP を用いて観測することにより、NN 相互作用に関する核媒質効果を明らかにすることを目指している。2nd-FPP はプラスチックシンチレータとワイヤーチェンバーの多層構造をしており、入射陽子のシンチレータ中の炭素との p -C 弾性散乱の非対称度から偏極度を求める。この際、シンチレータ中の陽子との p - p 弾性散乱がバックグラウンドとなるが、シンチレータ中のエネルギー損失情報を用いることにより、後方散乱角度 55° 以上では分離出来ることが先行研究から分かっている。他方、これより前方角度では分離が不十分で、その結果非対称度が小さくなり、偏極度を求める能力が有意に小さくなる問題があることが示されている。この問題は、シンチレータ深部で特にエネルギー損失差が小さくなることが原因と考えている。本講演では、この問題を解決するために解析を進めている、 p - p 弾性散乱からの二陽子同時検出による分別について報告する。また、得られた結果と、Geant4 を用いたシミュレーションの比較も行う。

F-9 (p,n) 反応を用いた ^{16}O のスピン双極子遷移の研究

九大理^A, RCNP^B 坂本健輔^A, 松井瑠生^A, 永武瞭^A, 清水博光^A, 牛島健成^A, 若狭智嗣^A, 西畑洗希^A, 吉田英智^B

弱い相互作用で起こる $^{16}\text{O}(\nu, e)^{16}\text{F}$ 反応の理解は、ニュートリノ測定に用いられている水チェレンコフ検出器の検出効率の精度向上や、広くニュートリノが関与する宇宙元素合成の理解等において重要となる。この反応は主にスピンと軌道角運動量の両方が関与するスピン双極子遷移により起こる。また、強い相互作用を用いた $^{16}\text{O}(p,n)^{16}\text{F}$ でも原子核から見れば同じ反応形である。したがって、相互作用の違いによるものを除き、(p,n) 反応の断面積から遷移強度分布に関する情報を得ることが可能である。本研究では、スピン双極子が強く励起される 230MeV 陽子を用い、 SiO_2 標的と Si 標的の測定から $^{16}\text{O}(p,n)$ 反応の断面積を得た。測定には 2次元位置感応型の大型の中性子検出器を用い、角度依存性からスピン双極子遷移の同定を行った。講演では、実験および解析について報告すると共に、標準的な理論計算との比較を行う。

F-10

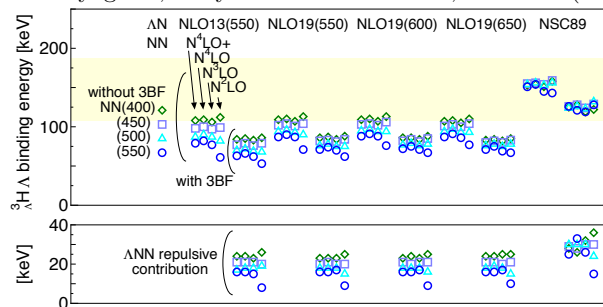
ハイパートリトンの 3 体力を含む Faddeev 3 体計算

九州工業大学工学部^A, 大阪大学 RCNP^B 鎌田裕之^A, 河野通郎^B, 宮川和也^B

ΛN 2 体系には束縛状態がなく、3 体系の束縛状態である hypertriton (${}^3_{\Lambda}\text{H}$) は ΛN 相互作用の理解にとって重要な系である。実験的には、その小さい束縛エネルギーが精度よく決まっていない問題があり、理論的には 3 体力を考慮しなければならないという問題がある。3 体力の問題は 2 体 ΛN 相互作用の確定に関わる。 ΛNN 3 体力を ΛN 2 体力の性質と合わせて定量的に理解することは、 Λ ハイパー核そして中性子星の物理の微視的解明にとって基本的な課題である。この報告では、カイラル有効場理論の 2π 交換 3 体力を含む Faddeev 計算を行い、 ${}^3_{\Lambda}\text{H}$ における 3 体力の寄与を定量的に評価する。

[1] S. Petschauer, et al., Phys. Rev. C **93**, 014001

(2016). [2] M. Kohno, H. Kamada, and K. Miyagawa, Phys. Rev. C **106**, 054004 (2022). [3] K. Miyagawa, H. Kamada, W. Glöckle, and V. Stoks, Phys. Rev. C **51**, 2905 (1995). [4] H. Kamada, M. Kohno, K. Miyagawa, Phys. Rev. C **108**, 024004 (2023).



F-11

虚数化学ポテンシャル領域における QCD 有効模型の孔構造の分布の広がりについての研究

福岡工業大学^A 安徳勇知^A, 柏浩司^A

近年、相転移に対する空間的なトポロジーの観点からの解析に注目が集まっている [1]。そこで本研究では、QCD 有効模型である QCD-like Potts 模型の相転移をトポロジーの観点から解析した。解析では、相転移があることが分かっている虚数領域に着目し、トポロジーの解析にはパーシステントホモロジー [2] を利用した。具体的には、パーシステント図を作成し、孔構造の birth time (t_B) と death time (t_D) の比を解析した。

論文 [3] では、 t_B と t_D の比の平均値と最大値、広がりについて調べた。その結果、相転移近傍においてそれらの量に特異な振る舞いがみられることが分かった。本講演では、その結果を受けて、特異な振る舞いの詳細について報告し、作成したパーシステント図にトポジカルな構造が隠れている可能性についても報告を行う予定である。

参考文献

- [1] D. Spitz, J. M. Urban, J. M. Pawłowski, Phys. Rev. D **107** (2023) 034506.
 [2] 例えば I. Obayashi, T. Nakamura, Y. Hiraoka, Phys. Soc. Jpn. **91** (2022) 091013.
 [3] H. A., K. Kashiwa, Universe **9** (2023) 82.

F-12

経路最適化法を用いた Stephanov 模型における符号問題の研究

福岡工業大学^A 久好一樹^A, 柏浩司^A

本講演では、経路最適化法を用いた Stephanov 模型 [1] における符号問題の改善を目指す研究について発表する。符号問題は、化学ポテンシャルが有限である場合に、モンテカルロ法による数値計算を行った際の統計誤差の制御が困難になる重大な問題である。化学ポテンシャルが有限でないときは問題なく数値計算を実行できるが、化学ポテンシャルが有限である場合は作用が複素数となり、確率を利用するモンテカルロ計算が困難になる。様々な物理系の解析に符号問題が現れることがあり、量子色力学 (QCD) など影響を受ける分野は多岐にわたる。本研究では経路最適化法を用いて符号問題の軽減を行う。経路最適化法とは、積分変数を複素空間に拡張し、符号問題が弱い積分経路を機械学習により探索する手法である [2,3]。この手法をある極限で QCD と一致する Stephanov 模型に適用した。さらに、経路の変形において必要となるヤコビアンを計算コスト削減のために簡略化する近似の影響も報告する予定である。

参考文献

- [1] M. A. Stephanov, Phys. Rev. Lett. 76, 4472 (1996).
- [2] Y. Mori, K. Kashiwa, and A. Ohnishi, Phys. Rev. D96, 111501 (2017).
- [3] Y. Mori, K. Kashiwa, and A. Ohnishi, PTEP 2018, 023B04 (2018).

F-13

二次元 XY 模型における孔構造の分布に着目した BKT 転移のパーシステント・ホモロジー解析

福岡工業大学^A 赤星敬太^A, 柏浩司^A

近年、統計力学で用いられる物理系の一つである二次元 XY 模型が見せる BKT 転移に関する研究が注目を集めている。二次元 XY 模型は向き (スピン) を持つ粒子が二次元格子状に並べられたものであり、その他の模型で見られる長距離秩序がもたらす通常の相転移現象が起こらないことが知られている。また、二次元 XY 模型における BKT 転移の発生にはトポロジーが関係していることが示唆されている。そこで、本研究では二次元 XY 模型から得られた位相データのトポロジーを可視化したパーシステント図を生成するために、パーシステント・ホモロジー解析 [1] を用いた。先行研究では、パーシステント図に対して機械学習を用いて分類器を作成し、BKT 転移の識別が行われた [2]。本研究では、パーシステント図そのものに着目し、図中のデータ点の集まり、広がり、飛び出た点などの特徴量を抜き出し統計処理を行うことで、パーシステント図の変化の詳細を可視化した。その上で、BKT 転移とトポロジーの関係を議論する。

参考文献

- [1] 例えば, I. Obayasi, T. Nakamura, and Y. Hiraoka, J. Phys. Soc. Jpn. 91 (2022) 091013.
- [2] N. Sale, J. Giansiracusa, and B. Lucini, Phys. Rev. E 105 (2022) 024121.

F-14 低温高密度における非閉じ込め転移とカイラル対称性の回復

佐賀大理工^A, 福工大^B 河野宏明^A, 柏浩司^B

量子色力学 (QCD) の相図の探求は素粒子・原子核物理学だけでなく、宇宙論や天体物理についても重要な問題である。格子 QCD のシミュレーションによって、バリオン化学ポテンシャルが小さい領域の QCD 相構造は解明されてきた。しかし、バリオン化学ポテンシャルの大きい領域においては、符号問題が存在するために格子 QCD の計算が難しくなり、信頼できる結果は得られていない。このため、量子色力学から導かれると考えられる有効理論 (現象論模型) を使った研究が行われたきた。しかし、それらの有効理論は多くの場合、ハドロン相またはクォーク相に特化したものであり、1つの理論の枠組みでハドロン相とクォーク相を扱うのは難しい。そこで我々は、バリオン間の斥力を扱う手法である体積排除効果の手法 (たとえばを文献 [1] を参照) に着目し、そこにハドロン相の模型であるハドロン共鳴ガス模型とクォーク相の有効模型である南部・ヨナ＝ラシニオ模型を取り込んだ一体型の模型を構築した [2]。この模型は零温度においてハドロンからクォークに連続的に推移するクロスオーバー転移を再現できるが、パラメータの値によっては 1 次転移的な振る舞いも示す。また、音速は 2 つのピークを示すが、1 つはバリオン間の体積排除効果の斥力に関係したピークであり、もう 1 つは、より高密度でおこる急速なカイラル対称性の回復に関係したピークである。

参考文献

- [1] H. Kouno and F. Takagi, Z. Phys. C **42**, 209 (1989).
- [2] H. Kouno and K. Kashiwa, arXiv:2310.09738.

F-15 虚数化学ポテンシャル領域におけるバリオンの体積排除効果

佐賀大理工^A, 福工大^B 大島理樹^A, 河野宏明^A, 柏浩司^B

中性子星や高エネルギー加速器実験などの研究において、有限密度系の解析は非常に重要である。ところが、量子色力学 (QCD) の第一原理計算である格子 QCD では、符号問題という計算不可能性により、有限密度領域での解析が困難である。そのため、有限密度領域の解析は、QCD 現象論模型により行われてきた。しかしながら、格子 QCD でも、化学ポテンシャルを純虚数にした場合には符号問題が発生しないという、とても嬉しい事実が知られている。したがって、虚数化学ポテンシャル領域での模型構築や数値シミュレーションも意味を持つことは明らかである。両者を比較することで、有限密度領域をより正確に記述する模型を模索し決定することが最終目標である。もう 1 つの前提として、クォーク-ハドロン間の相転移を完全に記述する模型が存在しないという QCD における重要問題がある。そこで、本研究では、バリオン間の斥力を考慮するように考案された、体積排除効果 [1, 2] という手法を既設の現象論模型に適用し、幅広い温度領域で格子 QCD 計算を再現することを目指す。まずは、ハドロン共鳴ガス (HRG) 模型と呼ばれる、シンプルなハドロンガスの模型を複素化した上で、体積排除効果を適用することで、高温での各物理量 (バリオン数密度や圧力など) の特異な振る舞いを見ることにする。

参考文献

- [1] H. Kouno and F. Takagi, Z. Phys. C **42**, 209 (1989).
- [2] H. Kouno and K. Kashiwa, arXiv:2310.09738.

F-16

片極の二つの点状ホットスポットから得られる光度曲線の解析

佐賀大学理工学研究科^A, 佐賀大学理工学部^B 桐原尚志^A, 橋基^B

NICER の観測結果から、従来考えられていた灯台モデルではない片方の極に複数のホットスポットが存在する中性子星モデルが提案され、質量-半径関係に新たな制限が掛けられた。先行研究「Phys. Rev. D 96, 104018」を基に、片極に二つのホットスポットが存在する中性子星から得られるパルスプロファイルを点状近似で作成する。中性子星からのパルスプロファイルを調べるために、静的な球対称時空の一般式を使用して基礎方程式を導出し、観測されるフラックスを記述するための式を得る。また、点状近似に加えて、考慮される時空の重力半径と星の半径の比によって定義されるスモールパラメータの一次近似を採用する。次に、回転軸やホットスポットの位置、質量と半径の比であるコンパクトネスをさまざまに変化させて、パルスプロファイルを作成する。得られたパルスプロファイルは二つのホットスポットの位置関係によって、文献の灯台モデルでのホットスポットが作るものとは異なる折れ曲がりを示した。

F-17

中性子の大きさとニュートリノ

日本文理大学^A, 日本文理大学機械電気工学科^B 竹本義夫^A, 島元世秀^B

1. ((水素原子の大きさ))

ボーア半径: $r_1 = 5.29177210903 \times 10^{-11} [m]$, 古典電子半径: $R_0 = 2.8179403262 \times 10^{-15} [m]$ とすると

$$x_1 = \frac{r_1}{R_0} = 18778.9 (= (\frac{1}{\text{微細構造定数}})^2), \text{ また}$$

水素の質量エネルギー: 938.7830736 [MeV], 陽子の質量エネルギー: 938.27208816 [MeV] を用いると

ボーア半径上の電子エネルギー

$$\frac{m_e c^2}{\sqrt{1 - \frac{1}{x_1}}} e^{-\frac{1}{x_1}} (\text{運動} + \text{ポテンシャルエネルギー}) = 8.186886403915259 \times 10^{-14} [kgm^2/s^2] \text{ と}$$

$(938.7830736 - 938.27208816) \times 1.602176634 \times 10^{-19} \times 10^6 = 8.1868893228223 \times 10^{-14} [kgm^2/s^2]$ は一致する。

2. ((中性子の大きさ))

中性子の質量エネルギー: 939.56542052 [MeV], 陽子の質量エネルギー: 938.27208816 [MeV] を用いて

$$\frac{m_e c^2}{\sqrt{1 - \frac{1}{x}}} e^{-\frac{1}{x}} (\text{Energy}) = (939.56542052 - 938.27208816) \times 1.602176634 \times 10^{-19} \times 10^6 (= 2.07214688112 \times 10^{-13}) [kgm^2/s^2] \text{ を解くと}$$

$$x = 1.0225790897244948 (\text{中性子半径}), \quad r = x R_0 = 2.8815668139984321 \times 10^{-15} [m] \text{ となる。}$$

*これにより、ニュートリノは水素電子の遷移時放射光と同様のものとして解釈できます。