
会場 A

理論核物理・実験核物理領域

A-1 経路最適化法を用いた Thirring 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 Thirring 模型 [1,2] における符号問題の改善の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) はその一例である。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 [3,4]。この手法を QCD と符号問題の起源が類似している Thirring 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] J. M. Pawłowski, C. Zielinski, Phys. Rev. D 87, 094503 (2013).
- [2] H. Fuji, S. Kamata, Y. Kikukawa, J. High Energ. Phys. 2015, 78 (2015).
- [3] Y. Mori, K. Kashiwa, and A. Ohnishi, Phys. Rev. D 96, 111501 (2017).
- [4] Y. Mori, K. Kashiwa, and A. Ohnishi, PTEP 2018, 023B04 (2018).

A-2

2次元 XY 模型の BKT 転移に伴うトポロジー的性質の定性的な変化

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 2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。2次元 XY 模型は向き（スピン）を持つ粒子が 2次元格子状に並べられたものである。2次元 XY 模型ではスピンの連続対称性が自発的に破られないことから他の模型で見られる通常の相転移ではなく BKT 転移と呼ばれる特殊な転移が起こることが知られている。また、BKT 転移の発生にはトポロジーが関係していると考えられている。そこで、本研究ではパーシステント・ホモロジー解析 [1] を用いて 2次元 XY 模型のトポロジー情報を示すパーシステント図を生成した。先行研究 [2] では機械学習を用いてパーシステント図を分類することでトポロジー情報から BKT 転移近傍温度の予測を行っている。本研究では、パーシステント図の見た目ではなく図中から抜き出したデータ点の集まり、広がり、飛び出た点などのトポロジー的特徴量に着目し、温度変化に伴う特徴量の変化を定性的に評価することで BKT 転移とトポロジーの関わりを調べた。結果として、BKT 転移前では特徴量の変動が振動的であり、転移後ではなだらかであることが分かった。

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.

A-3

ハドロン・クォーク・ハイブリッド模型とモジュラー変換

佐賀大理工^A, 福工大^B 河野宏明^A, 大島理樹^A, 橘基^A, 柏浩司^B

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、そこでおこる転移現象の直観的な描像は必ずしも明確でない。それらを明確にするには、格子 QCD の結果をうまく再現できる現象論的模型の構築が必要である。この研究では、バリオン間の体積排除効果に基づいて最近提案されたハドロン・クォークのハイブリッド模型 [1] を格子 QCD 計算の可能な虚数化学ポテンシャル領域に応用した。ここでは、この模型はモジュラー変換として再定義される [2]。すなわち、点粒子のバリオン模型のバリオン密度とクォーク模型のクォーク密度をモジュラー変換したものがハイブリッド模型となる。モジュラー変換の観点に立つと、バリオン密度とクォーク密度で特徴づけられるトーラスを考える事ができる。我々は、この観点から虚数化学ポテンシャル領域でおこる Roberge-Weiss (RW) 転移 [3] を解析した。RW 転移の転移温度 T_{RW} 以下では、虚数化学ポテンシャルを変化させると、RW 転移点でトーラスは 1 次元的な物体に収縮し、その後再びトーラスを形成するようになる。これらの変化は連続的におこり、物理量に非連続性は現れない。一方、 T_{RW} より高温では、トーラスは 1 次元的な物体になることができずに、異なるトーラスに非連続的に転移する。これが RW 転移である。

参考文献

- [1] H. Kouno and K. Kashiwa, Phys. Rev. D 109, 054007 (2024), arXiv:2310.09738.
- [2] H. Kouno, R. Oshima, M. Tachibana and K. Kashiwa, arXiv:2410.11598.
- [3] A. Roberge and N. Weiss, Nucl. Phys. B 275, 734 (1986).

A-4

ハドロン・クォーク・ハイブリッド模型とポリヤコフループ

佐賀大理工^A, 福工大^B 大島理樹^A, 河野宏明^A, 橘基^A, 柏浩司^B

ハドロン物質やクォーク物質における物理的描像の詳細を理解するためには、格子 QCD 計算を幅広い温度領域で再現するような現象論模型の構築が必須である。前提として、体積排除効果 (EVE) [1] を導入したハドロン共鳴ガス (HRG) 模型は、格子 QCD 計算の低温側を上手く再現することが分かっている。また、閉じこめ転移やカイラル転移を議論可能な、Polyakov-loop extended Nambu–Jona-Lasinio (PNJL) 模型は、高温側をよく再現する。Polyakov loop とは、グルーオン場の時間成分を虚時間方向に並べて積分したような量で、閉じこめ転移のオーダーパラメータとなっている。本研究では、EVE を導入した HRG 模型と PNJL 模型の両者を、自然な仮定の下で接続した、ある種のクォーク・ハドロン双対性に基づいた模型を考案する [2]。まずは、ゼロ化学ポテンシャルにおいて、Polyakov loop・圧力・構成子クォーク質量の温度依存性などを計算し、格子 QCD 計算との比較を行う。余力があれば、格子 QCD 計算で符号問題が発生しないことが知られている、虚数化学ポテンシャル領域における模型計算も紹介したい [3]。成功すれば、解析接続などを通して、現時点では謎に包まれている、実有限密度領域の QCD のクリアな理解に繋がると期待している。

参考文献

- [1] H. Kouno and F. Takagi, *Z. Phys. C* **42**, 209 (1989).
- [2] H. Kouno and K. Kashiwa, *Phys. Rev. D* **109**, 054007 (2024), arXiv: 2310.09738.
- [3] R. Oshima, H. Kouno, and K. Kashiwa, arXiv: 2311.14306.

A-5

新元素合成の最適反応エネルギー推定精度向上に向けた $^{51}\text{V} + ^{159}\text{Tb}$ 融合反応の障壁分布測定

九大院理^A, 理研仁科センター^B, nSHE collaboration^C 道本優也^{A,B}, 坂口聡志^{A,B}, 庭瀬暁隆^{A,B}, PierreBrionnet^B, for nSHE collaboration^C

我々は 118 番元素オガネソンを超える新たな元素の探索に取り組んでおり、理化学研究所等と共同で $^{51}\text{V} + ^{248}\text{Cm}$ 系による 119 番新元素合成実験を行っている。核融合反応により超重核が生成される確率は極めて低く、実験期間は年単位に及ぶ。そのため、生成断面積を最大にする最適な実験条件を決定することが必要である。特に、超重核の生成断面積は入射エネルギーに非常に敏感であるため、最適な入射エネルギーを推定することは極めて重要である。我々は、この目的のため、準弾性散乱障壁分布の測定による最適入射エネルギーの推定方法の開発を進めてきたが [1, 2]、推定精度を向上させるためにより系統的な測定を行い、変形原子核を含む融合反応機構を深く理解することが必要である。本研究では、融合反応の断面積が大きく、励起関数から最適な入射エネルギーを決定できる系である $^{51}\text{V} + ^{159}\text{Tb}$ 系について調査を行った。この系は、標的核の四重極パラメータが $^{51}\text{V} + ^{248}\text{Cm}$ 系に近い点で類似している。準弾性散乱障壁分布および融合生成断面積の励起関数を測定し、両者を比較した。本発表では、特に $^{51}\text{V} + ^{159}\text{Tb}$ 系の準弾性散乱の障壁分布測定について紹介する。実験は理研超伝導重イオン線形加速器施設 (SRILAC)[3] にて行った。準弾性散乱断面積は、気体充填型反跳分離器 GARIS – III を用いて標的から反跳した粒子 ^{159}Tb を焦点面検出器 (MCP – TOF 検出器及び箱型シリコンストリップ検出器) で検出することで測定した。また測定データにバックグラウンドとして含まれる深部非弾性散乱の量を見積り、より確度の高い準弾性散乱データを導出した。実験データから障壁分布を導出し、CCFULL コードを用いたチャネル結合計算と比較した。【参考文献】[1]T.Tanakaetal., *Phys.Rev.Lett.*124, 052502(2020).[2]M.Tanaka, S.Sakaguchietal., *J.Phys.Soc.Jpn.*91, 084201(2022).[3]H.Saka

A-6

新元素合成の最適反応エネルギー推定精度向上に向けた $^{51}\text{V} + ^{159}\text{Tb}$ 融合反応の励起関数測定

九大院理^A, 理研仁科センター^B, nSHE collaboration^C 山ノ内邑希^{A,B}, 坂口聡志^{A,B}, 庭瀬暁隆^{A,B}, PierreBrionnet^B, for nSHE collaboration^C

我々は 118 番元素オガネソンを超える新たな元素の探索に取り組んでおり、理化学研究所等と共同で $^{51}\text{V} + ^{248}\text{Cm}$ 系による 119 番新元素合成実験を行なっている。核融合反応により超重核が生成される確率は極めて低く、実験期間は年単位に及ぶ。そのため、生成断面積を最大にする最適な実験条件を決定することが必要である。特に、超重核の生成断面積は入射エネルギーに非常に敏感であるため、最適な入射エネルギーを推定することは極めて重要である。我々は、この目的のため、準弾性散乱障壁分布の測定による最適入射エネルギーの推定方法の開発を進めてきたが [1, 2]、推定精度を向上させるためにより系統的な測定を行い、変形原子核を含む融合反応機構を深く理解することが必要である。本研究では、融合反応の断面積が大きく、その励起関数から最適入射エネルギーを決定できる系で、標的核において $^{51}\text{V} + ^{248}\text{Cm}$ 系と近い四重極変形パラメータを持つ点で類似した系である $^{51}\text{V} + ^{159}\text{Tb}$ 系に関して準弾性散乱障壁分布及び融合生成断面積の励起関数を測定し、両者の比較を行った。

本発表では、特に $^{51}\text{V} + ^{159}\text{Tb}$ 融合反応の測定について紹介する。実験は理研超伝導重イオン線形加速器施設 (SRILAC)[3] に行なった。蒸発残留核 (ER) は、気体充填型反跳分離器 GARIS – III を用いて選別し、焦点面に設置された Si 検出器によって検出した。停止した蒸発残留核の崩壊連鎖からの Si 検出器を用いて検出された。Si 検出器のエネルギースペクトルを 30 以上の核種からの、融合反応における全ての反応チャネルごとに励起関数を導出した。得られた励起関数から ER 生成断面積が最大となる入射エネルギーを決定した。本発表では、主に測定手法、解析手法及び得られた実験結果について紹介する。

【参考文献】

- [1] T. Tanaka et al., Phys. Rev. Lett. 124, 052502 (2020).
- [2] M. Tanaka, S. Sakaguchi et al., J. Phys. Soc. Jpn. 91, 084201 (2022).
- [3] H. Sakai et al., Eur. Phys. J. A 58, 238 (2022).

A-7

スピン偏極 崩壊分光法による中性子過剰 ^{33}Al の構造研究

九大理^A, 阪大理^B, 農工大^C, KEK^D, 立大理^E, TRIUMF^F, テネシー工科大^G 山本陽介^A, 西畑洗希^A, 小田原厚子^B, 下田正^B, 宮原里菜^B, 板倉菜美^B, 安田瑠奈^C, Nurhafiza M. Nor^B, 畠山温^C, 平山賀一^D, 飯村俊^E, 市川雄一^A, J. Lassen^F, R. Li^F, M. M. Rajabali^G

中性子数が魔法数 20 付近で過剰な中性子を持つ Ne, Na, Mg の原子核は、魔法数によって予想される球形で周辺核と比べて安定な性質に反して、基底状態で大きな変形を示す構造が確認されている。この領域は「逆転の島」と呼ばれ、1990 年代以降、理論および実験の両面で数多くの研究が行われてきた。その過程で、基底状態に関するデータは蓄積されてきたものの、励起状態に関するスピン・パリティの情報は依然として限られており、その詳細な性質については解明されていない。この課題に取り組むため、我々のグループでは、スピン偏極させた不安定原子核の β 崩壊時の β 線分布の非対称度を測定し、その娘核の励起状態におけるスピンを決定する独自の実験手法を用いている。本研究では、「逆転の島」の北側に位置し、励起状態で複数の変形が共存する可能性があり、中性子数が魔法数 20 である中性子過剰な ^{33}Al に焦点を当てて実験を行った。実験は昨年 12 月、TRIUMF 研究所で行った。 ^{33}Al の親核である ^{33}Mg を生成した後、オプティカルポンピング法を用いることで、 ^{33}Mg のスピン偏極を生成した。その後、 ^{33}Mg の β 崩壊で放出される β 線と遅延 γ 線を、7 台の高純度 Ge 検出器と薄型プラスチックシンチレータを組み合わせたテレスコープで測定した。得られた実験データの γ - γ 同時計測データを解析することにより、 ^{33}Al の崩壊様式を明らかにした。また、 β 線の非等方性を 0° および 180° の方向に配置した検出器で測定したデータを用いることで、 ^{33}Al の各励起状態への β 遷移時の非対称度パラメータ A を導き出した。これにより、 ^{33}Al の励起状態におけるスピンを決定した。本講演では、この実験の詳細と解析結果について報告する。

A-8

核スピンメーザーを用いた BSM 粒子の間接探索

九大理^A, 科学大総合^B, 理研仁科セ^C 牛島健成^A, 市川雄一^A, 谷本昂平^A, 佐藤智哉^B, 立川柁平^A, 安藤蒼太^A, 篠原悠介^A, 山本陽介^A, 西畑洸希^A, 郷慎太郎^C, 高峰愛子^A, 上野秀樹^C, 旭耕一郎^C

標準模型を超える (Beyond Standard Model, BSM) 粒子の候補として、永久電気双極子モーメント (Electric Dipole Moment, EDM) を発現する CP を破る粒子や、「強い CP 問題」の解決へとつながるアクシオンの粒子が提唱されている。これらの BSM 粒子に関しては近年高エネルギーの加速器を用いた直接的な探索に加えて、テーブルトップでの実験による間接的な探索も注目を集めるようになってきている。EDM を発現する粒子は直接探索を補完する 10TeV 以上の質量領域に感度がある。また、アクシオンの粒子は予想される質量範囲が広範であり、質量に対応する相互作用周波数の幅広い探索が望まれている。

我々の研究ではこれら BSM 粒子の探索のために、核スピンメーザーと呼ばれる機構を用いている。これは核スピンの歳差運動をレーザー光を介して検出し、それを人工的に信号処理することでフィードバック磁場を作り出し作用させることで核スピンのコヒーレントを長時間維持する機構である。長時間の歳差運動観測により、歳差周波数を高い決定精度で測定することが可能になる。これにより、BSM 粒子との相互作用によるわずかな周波数の静的変移および動的变化を観測することを目標としている。

これまで、核スピンメーザーを用いて、 ^{129}Xe および ^{131}Xe 原子における歳差周波数の長時間測定データを取得してきた。特に、アクシオンの粒子探索可能性に関しては、長時間の歳差運動データをフーリエ変換することで時間領域から周波数領域へと変換し、アクシオンの粒子の質量やスピンとの結合に関する制限を行うことができると期待される。

本講演では、核スピンメーザーによる EDM 測定およびアクシオンの粒子測定の可能性について議論する。

A-9

Xe 同位体ガスセルの作製とその性能評価

九大理^A, 科学大総合^B, 理研仁科セ^C 谷本昂平^A, 市川雄一^A, 牛島健成^A, 佐藤智哉^B, 立川柁平^A, 安藤蒼太^A, 篠原悠介^A, 山本陽介^A, 西畑洸希^A, 郷慎太郎^C, 高峰愛子^A, 上野秀樹^C, 旭耕一郎^C

我々は、核スピンメーザーの手法を用いて、異核種同位体 ^{129}Xe および ^{131}Xe のスピン歳差周波数を精密に測定し、永久電気双極子モーメント (Electric Dipole Moment, EDM) を検出することを目指している。核スピンメーザーは、Xe 原子の核スピン歳差運動を光学的に検出し、人工的な信号処理を介した帰還磁場を印加することで、核スピンのコヒーレンスを維持する機構である。核スピンメーザーによる長時間測定により、高い周波数決定精度が実現する。核スピンメーザーにおいては、 ^{129}Xe および ^{131}Xe 原子は、気体の状態でガラスセルに封入して用いる。今回、ガラスセルを自作するためのガスステーションを九州大学に構築し、ガラスセルの製作とその性能の評価を行った。核スピンメーザーの安定性を向上するためには、 ^{129}Xe , ^{131}Xe の縦スピン緩和時間の長いセルの製作が重要である。セル製作のプロセスでは、セル壁面の洗浄をした後に真空引き、ベーキングを施すことで不純物を除去し、それから Rb 原子および ^{129}Xe , ^{131}Xe ガスをセル内に封入した。製作したセルの性能を評価するために、縦スピン緩和時間を断熱高速通過型核磁気共鳴 (Adiabatic Fast Passage Nuclear Magnetic Resonance, AFP-NMR) 法を用いて測定した。AFP-NMR 測定では、Rb 原子を用いたスピン交換光ポンピング (Spin Exchange Optical Pumping, SEOP) 法を用いて、 ^{129}Xe および ^{131}Xe の核スピン偏極を生成している。ポンピング用のレーザーとしては、外部共振器型半導体レーザー (ECLD) と、周波数を変えることなく光強度を増幅できるテーパアンプ (TA) を結合した TA-ECLD レーザーを新たに導入した。本講演では、ガスステーションでのセルの作成、およびその性能評価について報告する。

A-10

ホイル状態放射崩壊分岐比精密決定に向けた $^{12}\text{C}(\alpha, \alpha_{0,1,2})$ 散乱の測定

九大理^A 松永琳太郎^A, 寺西高^A, 藤本真広^A, 河原仁志^A, 林田昌大^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 (4×10^{-4} 程度) を精密に決定するため、反応過程 $\alpha(^{12}\text{C}, \alpha_2)^{12}\text{C}^*$; $^{12}\text{C}^* \rightarrow ^{12}\text{C} + \gamma + \gamma$ における α 粒子と反跳 ^{12}C の同時測定実験を計画している。今回、実験手法の検証のため、21 MeV の α ビームと $50 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ の炭素標的を用いた $\alpha(^{12}\text{C}, \alpha_{0,1,2})^{12}\text{C}$ 散乱において、角度分布測定および α 粒子と反跳 ^{12}C 粒子の同時計測の試験を行った。本講演では、テスト実験の解析結果を報告し、今後の本測定への展望を述べる。

A-11

超重核合成研究のための MCP-ToF 検出器の高度化の検討

九州大学^A 宮下直人^A, 坂口聡志^A, 庭瀬暁隆^A, 山ノ内邑希^A, 北川尚幸^A, 藤井友喜^A

我々は、長寿命の超重核が存在する「安定の島」と呼ばれる領域の探索を計画している。原子核の殻補正エネルギーを色の濃淡として表現した核図表 (図 1,[1]) において、安定の島の領域は既知の核よりも中性子過剰側にある。この領域の原子核の生成は、既存の手法では不可能であり、人類の大きな挑戦と言っても過言ではない。そこで我々のグループでは理研において中性子過剰・不安定核ビームを用いた融合反応研究を計画している。本研究では、ビーム粒子の速度を測定するための MCP 型飛行時間検出器 (MCP-ToF) (図 2) の高度化を目指し、イオン光学シミュレーション (SIMION) を用いて、電子輸送軌道の詳細な計算により、二次電子放出膜へのビーム入射位置が中心から離れた点における輸送効率の低下を確認し、輸送効率の向上に向けたシミュレーションを行った。(図 3)。本講演ではシミュレーションや実験の詳細と進捗、今後の展望について報告する。

【参考文献】[1]:S.Hofmann, Journal of Physics G Nuclear and Particle Physics 42(11):114001(2015)

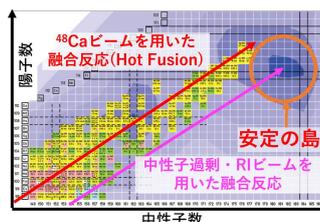


図1: 核図表と融合反応の経路

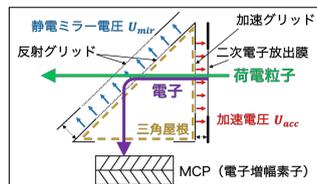


図2: MCP-ToFの概略

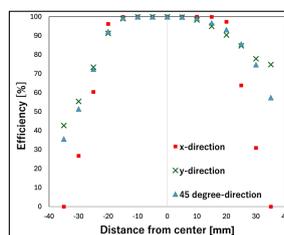


図3: 二次電子の輸送効率 (SIMIONによるシミュレーション)

A-12

大強度低速 RI ビームのためのイオンチェンバーの開発

九州大学大学院 理学府^A, 九州大学 基幹教育院^B, 九州大学 理学部^C, 九州大学大学院 理学研究院^D
北川尚幸^A, 田中聖臣^B, 鹿田涼介^C, 藤井友喜^A, 宮下直人^A, 坂口聡志^D

未発見の中性子過剰核を合成する反応の候補として中性子過剰 RI ビームを用いた融合反応が有力である。本研究では RI ビームの分解反応断面積を測定するため、粒子識別に用いる多層読み出しイオンチェンバー (MuSiC) の開発を行った。大強度の RI ビームに対する耐性を得るために電極は入射ビーム軌道に垂直に電極間距離 20 mm で設置し、融合反応に適した低速ビームが電極を通過できるようワイヤー電極を採用した。また、²⁴¹Am 線源を用いてエネルギー分解能の評価を行った。本発表では、検出器開発及び性能評価の詳細に加えて、更なるエネルギー分解能の向上を目指して現在進行している再設計の状況や、九州大学加速器・ビーム応用科学センター (CABAS) における重イオンビームを用いた性能評価の見通しについて述べる。

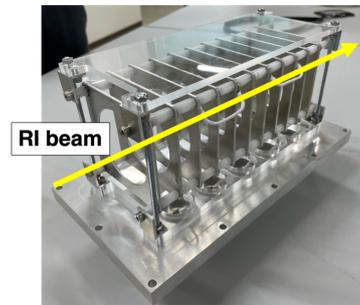


図1 多層読み出しイオンチェンバー(MuSiC)

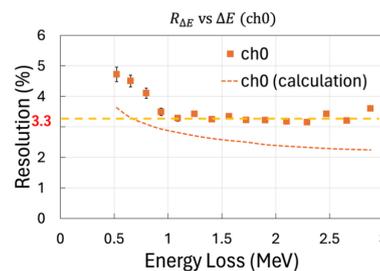


図2 エネルギー分解能のエネルギー損失依存性

A-13

GAGG シンチレーション検出器開発のための Geant4 を用いた単色 β 線源のシミュレーション

九大院理^A, 高エネ研 WNSC^B 藤井友喜^A, 庭瀬暁隆^A, 坂口聡志^A, 田中裕典^A, 宮下直人^A, 北川尚幸^A, 山ノ内邑希^A, 道本優也^A, 平山賀一^B, 渡邊裕^B, 宮武宇也^B

近年の重力波観測等から、鉄より重い元素の起源として中性子星合体といった爆発的天体環境で起こる速い中性子捕獲過程 (r 過程) が有力視されている。 r 過程はアクチノイド核の核分裂によって終焉を迎えると予想されているが、終焉部原子核が辿る崩壊経路は質量モデル、天体環境に強く依存し、不定性が大きい。これは終焉部に位置する中性子過剰核の崩壊様式に関する実験データ、特にこれらの核分裂障壁が不足していることによる。

そこで我々は r 過程終焉部に位置する核の崩壊様式を明らかにすることを最終目的とし、中性子過剰アクチノイド核の核分裂障壁を測定するための新検出器系の開発に着手した。核分裂障壁を決定するためには、 β 遅延核分裂による β 線の最大エネルギーを測定する必要がある。本研究では、 β 線のエネルギー測定のために、Ce:GAGG (Ce ドープの $Gd_3(Al, Ga)_5O_{12}$) シンチレータを採用した。GAGG は β 線と γ 線の両方に感度を持つため、核分裂障壁と原子核の励起準位の両方が決定可能となる。GAGG は γ 線の核分光実験にはすでに投入されており、一定の性能が得られている一方で、 β 線が入射した際のエネルギー分解能、応答のエネルギー依存性はよくわかっていないため、 β 線源や電子加速器を用いたこれらの評価実験を検討中である。

分解能の測定のためには単一エネルギーの β 線が必要であるが、一般的な標準 β 線源は連続スペクトルを有する。そこで本研究では、GAGG 検出器の電子に対する性能評価のため、単一エネルギーを放出する β 線源を作製することを目的とし、その第一段階として Geant4 を用いたシミュレーションを行った。本講演では、シミュレーションの内容と結果及び今後の展望についての報告を行う。

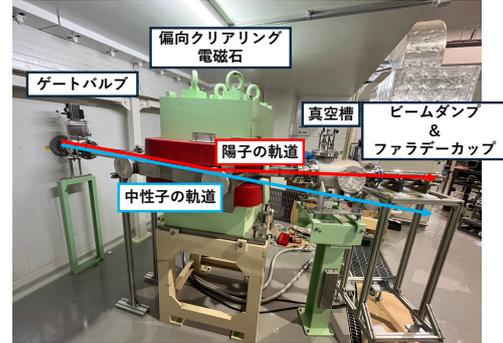
A-14

九大 CABAS における中性子生成のための新ビームラインの開発

九大院理^A, 九州大学加速器センター^B 若狭智嗣^A, 西畑洸希^A, 岩村龍典^B, 長尾陽平^A, 田中裕典^A, 平沢健斗^A, 山本陽介^A, 谷本昂平^A, 清水博光^A, 松井瑠生^A, 坂本健輔^A, 永武瞭^A, 松藤陽菜^A, 牛島健成^A

九州大学加速器・ビーム応用科学センターでは、タンデム加速器と固定磁場強集束加速器 (FFA 加速器) からなる複合加速器施設の整備が進められている。FFA 加速器では、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、 (p, n) 反応により中性子ビームを生成し、その全断面面積測定から中性子スキン厚を測定することを目指している。また、このエネルギー帯の中性子は、半導体の放射線耐性を調べる上でも重要であり、本国の半導体の生産拠点となっている九州でのテスト用施設のような地域貢献も考えられる。図に示す通り、ビームラインの主要機器の設置が完了している。現在、設置した電磁石の励磁テストやビームラインの真空排気テストを進めている。また、FFA 加速器出口からのビーム輸送

計算も進めており、像倍率を 5 倍程度以下に抑えて、中性子生成に十分なアクセプタンスが確保可能であることも確認している。講演では、整備状況と今後の実験計画について述べる。



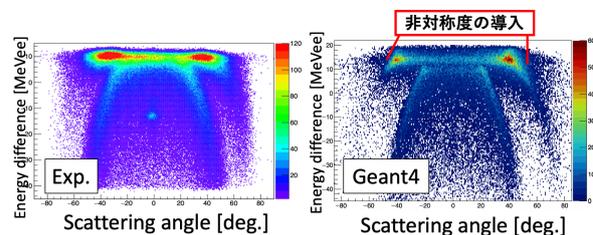
A-15

($p, 2p$) 測定のための陽子偏極度計 2nd-FPP の Geant4 シミュレーションによる性能評価

九大院理^A, 阪大 RCNP^B 田中裕典^A, 山下渉^A, 若狭智嗣^A, 西畑洸希^A, 梶原孝文^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、偏極陽子を用いた $(p, 2p)$ 反応のスピク観測の完全測定を目指している。現在、この反応における後方散乱陽子偏極度測定のための焦点面偏極度計 (2nd-FPP) の開発を行っている。2nd-FPP は 5 台の MWDC と 15 枚のプラスチックシンチレータで構成されている。今回、65 MeV の $p-C$ 弾性散乱による偏極度 $P = 0.99$ の陽子を用いて性能を調べた。その結果、左図に示す 2 回散乱角度と縦軸がシンチレータ中でのエネルギーロスの相関において、弾性散乱の分離と非対称度の確認に成功した。しかし、得られた小角度での有効偏極分解能は文献値と比べて有意に小さい値であった。本研究では、その原因を探るべ

く、Geant4 による偏極効果のシミュレーション開発をし (右図) 水素との弾性散乱による寄与の評価を行った。本講演では、シミュレーションによる実験結果の精査や、より高い入射エネルギーの実験で期待される結果等について議論する。



A-16

偏極重陽子-偏極陽子弾性散乱におけるスピン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, 科学大院理^B, 東北大院理^C, 理研仁科セ^D 平沢健斗^A, 若狭智嗣^A, 西畑洸希^A, 長尾陽平^A, 関口仁子^B, 渡邊跡武^B, 齋藤由子^C, 鈴木小太郎^B, 菅原宙希^B, 高橋大智^B, 立石健一郎^D

軽い原子核の束縛エネルギーや中性子星など、原子核や核物質の諸性質を記述する上で三体核力が不可欠であることが知られている。70 - 300 MeV/nucleon における d - p 弾性散乱実験により微分断面積や様々なスピン観測量が測定され、三体核力の効果が明確になったと同時に最新の三体核力モデルの欠陥が見つかった。三体核力を実験的に決定するため、我々は 100 MeV/nucleon での \vec{d} - \vec{p} 弾性散乱におけるスピン相関係数の測定を計画している。本研究では、予備実験として 2024 年 1 月に理研 RIBF にて 135 MeV/nucleon において d - \vec{p} 弾性散乱実験を行い、偏極陽子標的の偏極度を測定した。標的には光励起された電子スピン三重項状態による動的核偏極 (triplet-DNP) 法により陽子を偏極させた p-ターフェニルを用いた。図に示すように、

陽子の散乱角度毎に散乱非対称度から有意かつ無矛盾な陽子偏極度が得られた。講演では実験および解析を報告する。

