
会場 A

素粒子・核物理領域 (A)

A-1 クォーク質量と QCD 相転移

佐大院工^A, 九大院理^B 牧山隆洋^A, 河野宏明^A, 佐々木崇宏^B, 八尋正信^B

Polyakov – loop extended NJL(PNJL) 模型 [1] を用いて、QCD 相転移のクォーク質量依存性を、くりこみ群的な手法で解析する。特にカイラル極限での転移次数を調べる。

QCD におけるカレント・クォーク質量と現象論模型である PNJL 模型におけるカレント・クォーク質量は物理的意味が異なる。ここでは、QCD におけるカレント・クォーク質量 m_0 の変化に対する PNJL 模型でのカレント・クォーク質量 m の変化を議論するが、この時、くりこみ群の議論から、PNJL 模型の 4 点結合の結合定数 G も m_0 の変化に応じて変化することに注意して、議論を進める。すなわち、 m および G を、 m_0 の関数、 $m(m_0)$ および $G(m_0)$ と考えて解析を行う。

参考文献

[1] K. Fukushima, Phys. Lett. B**591**, 277 (2004).

A-2 Confinement and braid group

佐大院工^A, 理研 BNL^B, 理研^C, 慶応大日吉物理^D, 九大院理^E 河野宏明^A, 柏浩司^B, 境祐二^C, 三角樹弘^D, 佐々木崇宏^E, 八尋正信^E

In this talk, we discuss the relation between quark confinement and Z_N symmetry. In the recent papers [1,2], we have constructed the Z_N symmetric SU(N) gauge theory with fundamental fermion. In the model, there is an exact confinement of quark at low temperature. We show that the Z_N symmetry in the model is related to the braid group algebra on two dimensional torus. We also show that, due to the exact Z_N symmetry, the color-superconductivity and quark confinement exclude each other completely in this model.

References

- [1] H. Kouno, Y. Sakai, T. Makiyama, K. Tokunaga, T. Sasaki and M. Yahiro, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **39** 085010, (2012).
- [2] H. Kouno, T. Misumi, K. Kashiwa, T. Makiyama, T. Sasaki and M. Yahiro, Phys. Rev. **D88** 016002, (2013).

A-3 中性子星観測結果を考慮した QCD 相構造の研究

九大院理^A, 千葉工大^B, 九州歯科大^C, 佐賀大院工^D 佐々木崇宏^A, 安武伸俊^B, 河野通郎^C, 河野宏明^D, 八尋正信^A

量子色力学 (QCD) はクォーク・グルーオンを記述する理論であり, その真空構造はカラーの閉じ込めやカイラル対称性の自発的破れのような非摂動的性質をもつ。有限温度・密度においてこれらの性質は変化し, 多彩な相構造をもつと考えられている。宇宙初期の高温状態や中性子星内部では QCD による記述が不可欠であるため, QCD 相構造の解明はハドロ物理学の重要課題の一つである。有限温度での QCD 相転移は, 第一原理計算である格子計算によってよく理解されつつある。しかし, 格子計算は有限密度領域での実行が困難であり, 有限密度における相構造は未だ不確定である。

近年, 太陽質量の 2 倍の質量をもつ中性子星が観測された。この観測は定量的に高い精度で行われ, 中性子星の構造に関して強い制限を与える。中性子星の構造はゼロ温度・高密度領域の QCD 相転移と強く関連しており, この観測結果は QCD 相図に対しても強い制限を与えられられる。

本研究では有効模型を用いて, ゼロ密度・有限温度における格子計算とゼロ温度・有限密度に対応する中性子星観測結果の両方を, 同時に再現する QCD 相転移について考察した。有効模型として, 格子 QCD 計算との良い一致が示されている Entanglement PNJL 模型を用いる [1]。本公演ではこの模型に対してバリオンの効果を導入し中性子星構造の計算を行うことで, 中性子星観測から得られる QCD 相構造に対する制限について議論する [2]。

[1] Y. Sakai, T. Sasaki, H. Kouno and M. Yahiro, Phys. Rev. **D82**, 076003 (2010)

[2] T. Sasaki, N. Yasutake, M. Kohno, H. Kouno, and M. Yahiro, arXiv:1307.0681[hep-ph] (2013).

A-4 混合相を考慮した中性子星内部の QCD 相転移

九州大学大学院理学府^A 菅野淳平^A

中性子星内部には核物質 (Hadron 相) だけでなく Quark 物質 (Quark 相) も存在していることが予想されており, 高バリオン数化学ポテンシャル領域では Quark-Hadron 相転移が起こることが期待される. 本研究の目的は, 実験事実と矛盾することのないモデルを構築し, Quark-Hadron 相転移を議論することにある.

本研究では, Hadron 相を体積排除効果を考慮した自由ガスモデルで記述した [1]. モデルのパラメータは・重イオン衝突実験から得られる状態方程式 (EoS) ・カイラル有効理論による 2 体力および 3 体力を用いた Brueckner 理論から得られる EoS ・ $2M_{\odot}$ の観測事実を再現するように決めている. また, Quark 相の記述には Nambu-Jona-Lasinio 模型を用いた. これら 2 相モデルから, 温度ゼロの条件下で熱力学量を求め, Quark-Hadron 相転移の議論を行った.

さらに, 相転移について議論する際, 中性子星内部で β 平衡条件および荷電中性条件が成立していることを考慮し, 特に荷電中性条件として, 大局的荷電中性条件である Bulk Gibbs 条件と局所的荷電中性条件である Maxwell 条件の両方を考えた. 前者の条件により, Quark-Hadron 混合相が実現していることが示唆されることが結論づけられた.

・参考文献

- [1] T. Sasaki, N. Yasutake, M. Kohno, H. Kouno, and M. Yahiro, arXiv:1307.0681[hep-ph](2013).
- [2] N.K. Glendenning, Physics Reports 342(2001). 中性子星内部には核物質 (Hadron 相) だけでなく Quark 物質 (Quark 相) も存在していることが予想されており, 高バリオン数化学ポテンシャル領域では Quark-Hadron 相転移が起こることが期待される.

A-5 虚数化学ポテンシャル領域の格子 QCD 計算によるクォーク数密度の研究

九大院理^A, KEK^B, 佐賀大院工^C, 広大情報^D 高橋純一^A, 佐々木崇宏^A, 永田桂太郎^B, 河野宏明^C, 八尋正信^A, 中村純^D

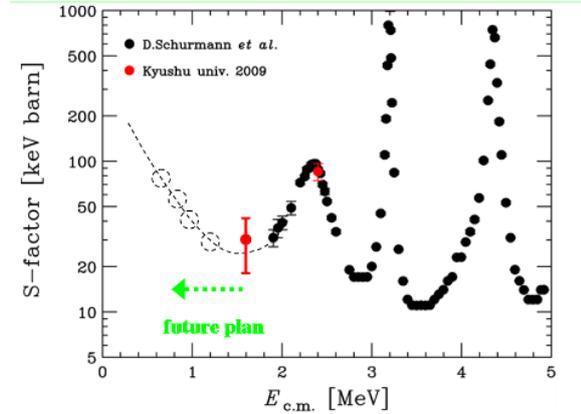
量子色力学 (QCD) の研究目的の一つに QCD 相図の解明があげられる. QCD 相図とは一般に温度 (T)-化学ポテンシャル (μ) 平面上に描かれるクォークとグルーオンの状態を表わした図である. 通常, クォークは閉じ込めの状態にあり陽子や中性子といったハドロンを形成しているが, 誕生直後の宇宙では閉じ込めから解放されたクォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) 状態にあったと予想されている. 従って, QGP 相からハドロン相へと相転移が起こったことが考えられる. この相転移に関して理論・実験双方で精力的に研究が行われている. 近年, 大型の加速器施設において重イオン衝突実験が行われ, 特に RHIC ではエネルギー走査実験によって有限 μ の領域にも目が向けられている. 理論面では, QCD の第一原理計算であり QCD の非摂動的な振る舞いを再現する格子 QCD を用いた研究が盛んである. しかし, 有限領域では格子 QCD は符号問題を有し, モンテカルロシミュレーションが困難である.

そこで我々は, 虚数化学ポテンシャル (μ_I) の領域に着目した. この領域では符号問題が無いため格子 QCD 計算が可能である. μ_I 領域において格子 QCD 計算を実行し, 実数 μ 領域へは解析接続して結果を得る. 本講演では, 2 フレーバー格子 QCD を用いて計算したクォーク数密度の μ_I 依存性について報告する. さらに先行研究と比較して, 格子作用の違いによる結果の変化について議論したい.

A-6 天体核反応 $^{12}\text{C} + ^4\text{He} \rightarrow ^{16}\text{O} + \gamma$ の $E_{c.m.}=1.2\text{MeV}$ における全反応断面積測定

九大院理^A 伴忠彦^A, 相良建至^A, 藤田訓裕^A, 山口裕幸^A, 兒玉大輔^A, 田尾成章^A, 成清義博^A, 濱元健一^A, 久間太平^A, 郭儷怡^A

天体ヘリウム燃焼 $^{12}\text{C} + ^4\text{He} \rightarrow ^{16}\text{O} + \gamma$ 反応は恒星内では $E_{c.m.} = 0.3\text{MeV}$ 程度で起きている。この全反応断面積を $E_{c.m.} = 2.4 \sim 0.7\text{MeV}$ のエネルギーで測定し、 0.3MeV に外挿することで求める計画である。既に $E_{c.m.} = 2.4$ 及び 1.5MeV の測定に成功し、現在 $E_{c.m.} = 1.2\text{MeV}$ でデータを収集している。 1.5MeV から 1.2MeV に進むに際し、タンデムの加速減速運転や $^{16}\text{O} - ^{12}\text{C}$ 識別用イオンチェンバーの開発、容器酸化被膜からの ^{16}O バックグラウンドの低減等、様々な課題を克服してきた。本講演では採りたての 1.2MeV のデータを紹介し、さらに極限までのバックグラウンド除去を実現させた新技術のいくつかを紹介する。

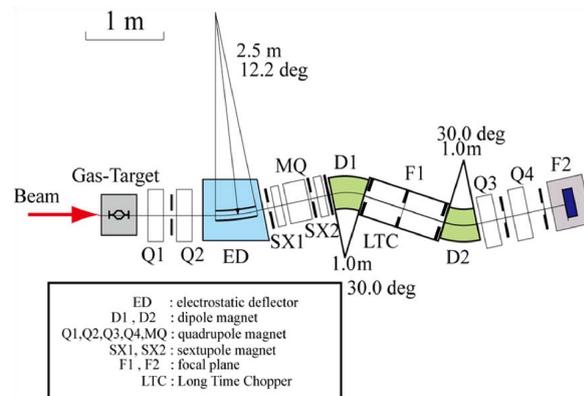


A-7 $E_{c.m.}=1\text{MeV}$ 以下での $4\text{He}(^{12}\text{C}, ^{16}\text{O}) \gamma$ 測定のための反跳質量分析器改造

九大院理^A 田尾成章^A, 山口裕幸^A, 藤田訓裕^A, 相良建至^A, 兒玉大輔^A, 成清義博^A, 濱元健一^A, 伴忠彦^A

九大タンデム実験室での天体核反応 $^4\text{He}(^{12}\text{C}, ^{16}\text{O}) \gamma$ 全断面積測定は既に $E_{c.m.} = 2.4, 1.5\text{MeV}$ で終え、 1.2MeV でも近々終える。長年懸案の世界的データが今得られつつある。更にその後 $1.0, 0.85, 0.7\text{MeV}$ で測定をするが、 ^{16}O の角度広がりが増えるため反跳質量分析器 (RMS) の立体角を広げる。 ^{16}O の軌道計算に基づいて、4重極電磁石 $Q2$ と $Q4$ の口径を広げ、静電偏向器 ED の電極間隔を広げる。新 $Q2, Q4$ は既に製作を終え、 ED の改造案もほぼ出来ている。講演では、様々な条件下での ^{16}O の軌道計算結果を示して RMS 改造計画と、改造後に収束作用をどう確認するかを

紹介する。また $1.0, 0.85, 0.7\text{MeV}$ での実験計画も簡単に紹介する。



A-8 (p,np) 反応における偏極観測量測定

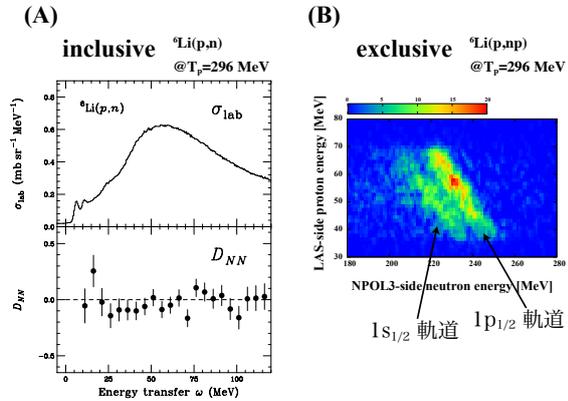
九大院理^A, 阪大RCNP^B, 東北大理^C, 理研仁科セ^D, 宮崎大工^E, 東北大RYRIC^F
 安田淳平^A, 若狭智嗣^A, 福永拓^A, 西尾康貴^A, 大中貴恵^A, 坂口聡志^A, 野呂哲夫^A, 前田裕史^A, 畑中吉治^B, 民井淳^B, 三木謙二郎^B, 関口仁子^C, 田口貴大^C, 和田泰敬^C, 堂園昌伯^D, 前田幸重^E, 酒見泰寛^F

原子核媒質内での NN 相互作用が、自由空間に対して変化する「媒質効果」があるか否かは興味深いテーマの一つである。媒質効果を調べる上で、偏極移行量測定は有効であり、現在までに p - p 間の相互作用に関しては exclusive な $(\bar{p}, 2\bar{p})$ 反応まで測定が行われている。しかし、 p - n 間では inclusive な (\bar{p}, \bar{n}) 反応の測定しか行われていない。そこで、我々は exclusive な $(\bar{p}, \bar{n}p)$ 反応の世界初の測定を行うことにした。

$(\bar{p}, \bar{n}p)$ 反応の測定計の確立には、(1) 中性子偏極度測定、(2) exclusive 測定、の二つの要素が必要となる。(1) に関しては ^2H ターゲットを用いて、中性子偏極度計 NPOL3 を較正し、検出器のもつ有効偏極分解能 $A_{y,\text{eff}} = 0.129$ を得た。これから $^6\text{Li}(\bar{p}, \bar{n})$ 反応の偏極移行量 D_{NN} を得ることに成功した (図 (A) 参照)。(2) に関

しては大口径 LAS スペクトロメータを用いることで、分解能 6 MeV を達成し、図 (B) に示すように、 $1s, 1p$ 軌道に分離することに成功した。

本講演では、較正の詳細についての発表を行う。



A-9 pd 分解反応における Star anomaly の系統的測定

九大院理^A 大中貴恵^A, 相良建至^A, 前田祐史^A, 石橋和久^A, 木村駿太郎^A, 田中翔基^A, 福永拓^A, 安田淳平^A, 矢部達也^A, 八嶋恵介^A, 江口祐一郎^A, 下田広己^A, 末田雄大^A, 黒板翔^A

1998年に $\pi\pi$ 交換 3 子力 ($3NF$) が決定され 100 MeV 以下の Nd 散乱断面積は計算値と一致した。その後に見つかった高エネルギーでの実験-理論の不一致は、 $\pi\rho 3NF$ や $\rho\rho 3NF$ が主因と考えられる。一方 10 MeV 近傍では、 Nd 散乱の A_y puzzle と Nd 分解反応 Space Star (SS) anomaly (断面積異常) が未解決である。 A_y puzzle は核力の P 波成分または LS 力の変形で説明できるが、その変形の理論的根拠が未だ見つかっていない。SS anomaly は断面積異常で S 波核力の変形に関与するが、精密に決められた S 波核力は変形できず、原因が全く不明である。

2005年に Deltuva 達が pd 計算に成功したので、我々は pd 系で SS 近傍の断面積を精密かつ系統的に測定してきた。SS では反応後の 3 核子が正三角形をなし、かつ正三角形がビーム軸に垂直である。この垂直条件と正三角形条件を系統的に調べたところ、断面積異常は SS で最大になり、2 条件が崩れるとゆっくり減少することを見出した。次に、SS anomaly のエネルギー依存性を調べている。これらの系統的調査が SS anomaly の原因究明に繋がることを期待している。

A-10 nd 分解反応を用いた nn 共鳴状態探索のための実験手法に関する研究

九州大学理学府^A 前田裕史^A, 相良建至^A, 大中貴恵^A, 石橋和久^A, 木村駿太郎^A, 田中翔基^A, 黒板翔^A

nd 分解反応において、入射した中性子が重陽子中の中性子とのみ散乱し、陽子は傍観者として振舞う反応を nn QFS (quasi-free scattering) と呼ぶ。この反応の $E_n = 25, 26\text{MeV}$ での微分断面積の理論計算は、測定値を約 16-18%過小評価していると報告された。 nn QFS の過程での主要な相互作用は 1S_0 状態の nn 間ポテンシャル $V(^1S_0)$ であり、微分断面積の理論計算値もこの S 波核力の変化に対して鋭敏である。Witala 氏と Glöckle 氏は、 S 波核力の寄与を 1.08 倍 ($\lambda = 1.08$) とすれば上記の異常は概ね説明できることと、更にその核力では 2 つの中性子が共鳴状態をとる可能性があることを指摘した。

我々は、この nn 共鳴状態の有無を検証するためには、いかなる実験を行えば良いかについて研究している。 $E_n = 12\text{MeV}$ の中性子ビームを CD_2 膜に照射し、 nd 分解反応を起こした陽子のみを Si SSD で検出することで、2 つの中性子の挙動を調べている。観測される分解反応後の陽子のエネルギースペクトルは、分解反応の閾値まで連続的に分布する。もし 2 つの中性子が共鳴状態をとれば、この分解反応の連続スペクトルの更に高エネルギー側に孤立したピークが観測されるはずである。このピークの有無を調べることが実験の目的である。

現段階では、 $^2\text{H}(d, n)^3\text{He}$ 反応で生成する中性子に起因するバックグラウンドが最大の障害であり、遮蔽材の素材や検出器の構成等の最適条件を調べている。バックグラウンドを現段階の $1/10 \sim 1/100$ 程度にすることができれば、その後、陽子のエネルギー分解能・カウンティングレートの向上を図る予定である。

A-11 NJL 模型に正則化法依存性について

九大院理^A, 佐賀大院工^B 米村浩司^A, 石井優大^A, 佐々木崇宏^A, 河野宏明^B, 八尋正信^A

QCD 相図とは、有限温度・有限化学ポテンシャルにおけるクォークとグルーオンの状態変化を表した図である。近年、QCD 相図の解明を目指した研究が盛んに行われているが、QCD の第一原理計算である格子 QCD 計算は有限化学ポテンシャル領域では符号問題を持ち、計算困難である。このため、有効模型を用いた QCD 相図の解析が行われている。有効模型とは、最初にカットオフスケールを導入し、そのカットオフスケールより低いエネルギースケールの現象を記述する模型である。QCD 相図の解明にしばしば用いられる Nambu-Jona-Lasinio(NJL) 模型では、3 次元運動量カットが通常用いられる。しかし、このカットオフは Lorentz 不変性を壊すという欠点を持っている。そこで我々は Lorentz 不変性を壊さない正則化の方法として Pauli-Villars 正則化も取り上げる。そして、カイラル相転移や閉じ込め相転移のオーダーパラメータ (カイラル凝縮、Polyakov loop) や状態方程式の正則化依存性を調べ有効模型の妥当性を分析する。

A-12 Meson screening mass の導出法とその応用

九大院理^A, 佐賀大院工^B 石井優大^A, 佐々木崇宏^A, 河野宏明^B, 八尋正信^A

有限温度・有限密度において、QCD の相構造が調べられている。有限温度においては、格子 QCD simulation と呼ばれる第一原理計算によって、様々な性質が明らかになってきた。しかしながら、有限密度に拡張する場合には、符号問題が有る。そのため、有限密度への拡張が容易な、有効模型を用いたアプローチが行われている。模型に含まれるパラメータには不定性があるため、格子 QCD との比較により、整合性が議論されている。

そこで、本研究では、格子 QCD でよく計算されている meson の screening mass に着目する。screening mass は、相関関数の無限遠方における振る舞い（減衰の強さ）として定義される。これを EPNJL 模型で導出し、格子 QCD 計算と比較することで模型の信頼性を調べる。また、この信頼性を元に、格子 QCD での計算が難しい、pole mass の温度依存性を予言する。

A-13 原子核における四面体変形—Gogny 相互作用を用いた量子数射影計算

九大院理^A, IN2P3-CNRS/Univ. de Strasbourg^B 田上真伍^A, 清水良文^A, J. Dudek^B

エキゾチック変形という原子核の新しい変形の存在がいくつかの平均場理論による計算で予想されている。そのうちの一つである四面体変形は、特定の陽子数または中性子数の原子核で安定な変形の状態となると考えられ、核の基底状態、または低励起の状態として現れると予想される。

これまでに、平均場理論として Woods-Saxon-Strutinsky 法や Skyrme 相互作用 (SIII) を用いた HFB 計算により四面体変形した状態が解として得られてきた。今回はそれらとは異なる Gogny 相互作用 (D1S) を用いた計算でも四面体変形した状態を解として得られることがわかった。現在までに得られた結果から、これまでの Skyrme (SIII) などの結果に比べて Gogny 相互作用 (D1S) では四面体変形がより安定となる傾向が見られる。

我々はこれまで四面体変形した原子核の状態に角運動量とパリティの量子数射影を同時に行なってそのスペクトルや電磁遷移確率を計算してきた。その際、内部状態は四面体変形した Woods-Saxon ポテンシャルから作り、量子数射影に用いる 2 体のハミルトニアンには paring-plus-quadrupole によく似た分離可能型の多重極相互作用を用いており、異なる 2 つのハミルトニアンを使うために計算の一貫性を損なっていた。しかし、最近、Gogny 相互作用を用いた量子数射影を行う計算コードを作成した結果、内部状態の作成と量子数射影で同じハミルトニアンを用いることが出来るようになり、より首尾一貫した計算が行えるようになった。但し、異なる相互作用から得られたスペクトルに定性的な差はない。

公演では Gogny 相互作用で得られたスペクトルを示す。

A-14 ガウス基底による弱束縛変形原子核の回転状態の研究

九大院理^A 嶋田充宏^A, 田上真伍^A, 清水良文^A

安定核では見られなかった不安定核に特有な現象として、外側の中性子が薄く広がったハロー構造や外側が中性子のみの層で覆われたスキン構造などが注目されている。しかし、ハロー構造やスキン構造を持ちうる弱束縛変形核の回転状態の研究は少ない。このような特徴的な構造を持つ場合には、回転状態においても安定核には見られなかった性質をもつことが期待される。例えば、角運動量モーメントが安定核において予想されるものと異なっていたり、回転バンドにおけるエネルギースペクトルが通常予想されるものからずれたりすることが期待される。

原子核の回転状態の研究に対しては、巨視的模型がよく用いられてきた。回転状態を微視的に記述できる方法として角運動量射影法が知られているが、これまでの我々の研究により、この方法を用いて、原子核の回転状態を微視的に記述することが可能になった。また、原子核の状態を記述するのに調和振動子基底がよく用いられるが、調和振動子基底では、ハロー構造を持ちうる不安定核の状態を適切に記述することは難しい。一方、ガウス基底は広がった構造を記述するのに適していると考えられており、ガウス基底を用いた場合の量子数射影法を行えるようになった。本研究では、平均ポテンシャルとして変形した Woods-Saxon 型のポテンシャルを用い、1粒子基底としてガウス基底を用いた HFB の計算を行うことで、不安定核の内部状態を適切に記述する。その結果得られた内部状態に対して、量子数射影法を行うことで、不安定核の回転状態を微視的に記述する。この新しい方法により得られたエネルギースペクトルを報告する。例として ^{40}Mg の結果を示す。

A-15 原子核反応における3核子力の効果

九大院理^A, 九歯大^B 豊川将一^A, 蓑茂工将^A, 河野通郎^B, 八尋正信^A

3つの核子の間に働く、2核子力とは異なる相互作用である3核子力は、ヘリウムの束縛エネルギーや対称核物質の飽和性などを再現するために必要であることが古くから知られている。また、最近になって原子核-原子核散乱において3核子力の効果が現れることを示す研究^[1]がなされたことで、核反応においても3核子力が重要な役割を果たすことが分かってきた。しかし、^[1]で用いられている3核子力は起源が不明瞭であるため、明確な起源を持つ3核子力でも同様の結果が得られるかを確かめる必要がある。

近年、QCDと等価な低エネルギー有効理論であるカイラル有効理論から核力を決定する試み^[2]がなされ、1つの理論で統一的に決定された2核子力と3核子力が利用可能になった。そこで、我々はカイラル有効理論から決定された核力から見積もった3核子力の効果を Melbourne 相互作用^[3]に補正として取り入れることで、原子核-原子核散乱における3核子力の効果を定性的に確かめた。

本講演では、Melbourne 相互作用を用いて解析した核子-原子核散乱や原子核-原子核散乱の結果と、これらの核反応における3核子力の効果を示す。

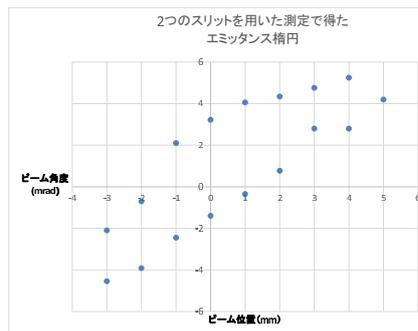
参考文献

- [1] T. Furumoto *et al.*, Phys. Rev. C **80**, 044614 (2009).
- [2] E. Epelbaum *et al.*, Phys. Rev. C **66**, 064001 (2002)
- [3] K. Amos *et al.*, in *Advances in Nuclear Physics*, Vol. 25, p. 275.

A-16 九州大学タンデムを用いた AMS 測定の開発

九州大学理学府物理学専攻^A 衛藤竜一^A

九大 AMS グループは、加速器を利用した加速器質量分析による ^{14}C 年代測定法の開発を行っている。 ^{14}C を誤差 1% 以下の精度で測定することを目標としており、そのためには損失の少ないビーム輸送を行うことが必要である。一方現状では、100% に近いビーム透過効率は達成されていない。ビームがどこで損失しているかを知るため、現在のビームラインでのエミッタンスを求めることにした。この結果をもとに、ビームシミュレーションの精度を上げ、ビーム損失の箇所を知ることができる。今回はタンデム加速器上流、下流において、エミッタンスを焦点のサイズと角度の広がりから求める方法と、2つのスリットを用いる方法の両方で測定した。さらにこれらの結果の比較から、タンデム加速器を通ることによるビーム損失について調べたい。発表では、エミッタンス測定方法とその結果について、今後の展望について述べる。



A-17 加速器質量分析のためのマルチアノードイオンチェンバの開発

九州大学大学院理学府^A 高尾秀明^A, 野呂哲夫^A, 坂口聡志^A, 西山憲一^A, 衛藤竜一^A, 小島拓郎^A, 新名孝斎^A

加速器質量分析 (AMS) は微量元素の超高感度な分析法である。 ^{14}C -AMS は年代測定に多用されており、九州大学 AMS グループではタンデム加速器を用いた ^{14}C -AMS 施設の実用化へ向けた開発を進めている。

AMS で用いる最終検出器には、目的粒子と妨害粒子を高精度で分離する能力が求められる。そこで当グループでは、アノードを 16 枚に分割し Bragg Curve を測定して粒子識別を行えるマルチアノードイオンチェンバの開発を進めている。

今回 ^{14}C -AMS での目的粒子 ^{14}C と妨害粒子 ^{13}C の分離を高精度で行えるか検討するためイオンチェンバで Bragg Curve を測定し ^{13}C と ^{12}C の分離を試みた。その結果、

1. Ar や He といった充填ガスの組成を変えることにより入射粒子の飛程を極板の境目に合わせる手法
2. 全エネルギーと極板 1 枚でのエネルギー損失の相関を用いる手法

の二つの手法で分離できることがわかった。

今後は、ノイズの影響を抑えより精度の高い分離を行うため、GEM を用いた改良を行う予定である。

A-18 タンデム加速器における RF 荷電交換型イオン源の開発

九州大学理学研究院^A, 九州大学理学府物理学専攻実験核物理講座^B, 九州大学理学物理学科^C 寺西高^A, 野呂哲夫^A, 林慶大^B, 牛尾国久^B, 則松泰彰^C

現在、不安定核をビームとして用いた原子核研究が盛んに行われており、宇宙における元素合成や不安定核に特異な核構造の解明が目標となっている。その中で我々はタンデム型加速器を用いて中・長寿命核の RI ビームを加速し、低エネルギー核反応や天体での核反応を探る実験手法の開発を目的としている。そのための基礎技術としてタンデム加速器で陽子・重陽子ビームを用いて RI を生成して一度イオン源に送り、再加速するという手法を考えている。陽子ビームを用いた反応例としては $^{14}\text{N}(p,\alpha)^{11}\text{C}$ や $^{16}\text{O}(p,\alpha)^{13}\text{N}$ などがあるが、いずれも RI を含んだ分子をガスとして取り出し、イオン源まで輸送する。しかし、現在九州大学にある Cs スパッター型イオン源ではこの RI 分子を含むガスを気体のままイオン化することが困難である。そこで我々は新たなイオン源として RF 荷電変換型イオン源の開発を行なっている。このイオン源ではガスをガラスボトルに直接注入し RF をかける事で対象の気体をプラズマ化させる。生じた正イオンは荷電変換セル内のルビジウム蒸気によって荷電変換され負イオンになる。その後、引き出し電圧をかけることでビームを得る仕組みになっている。現在、この RF 荷電交換型イオン源の基礎開発としてヘリウムガスをを用いてビームを取り出す実験を行なっており、今回はその実験結果について発表する。