

プロジェクト名(タイトル): RIBFにおける重 RI 衝突を用いた非対称原子核核物質状態方程式の実験的研究

利用者氏名: ○磯部忠昭(1)、Jung Woo Lee(1)、池野なつ美(1)、金子雅紀(1)、西村美月(1)、小野章(1)、村上哲也(1)、Tsang Chun Yuen(1)

理研における所属研究室名: (1) 仁科加速器科学研究センター RI 物理研究室

1. 本プロジェクトの研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

理研仁科センターでは RIBF-SAMURAI ビームラインに多重粒子飛跡検出器 Time Projection Chamber (TPC) を設置し、RIBF で実現する様な大強度 RI ビームを使った重イオン衝突実験計画(SpiRIT 計画)が進行している。この実験計画は原子核状態方程式 Equation of State(EoS)の対称エネルギー項における高密度成分を研究する国際プロジェクトである。本プロジェクトを進める上で HOKUSAI を用いた重イオン衝突の理論計算と取得データの解析を行う。

EoS の対称エネルギー項は中性子星の物性解明等、宇宙物理学の理解に大きく関与している。

2. 具体的な利用内容、計算方法

重イオン衝突実験における各観測量がどの程度 EoS に感度があるのか調べる為、数ある衝突モデルのうち Anti-symmetrized molecular dynamics(AMD)モデルを使った重イオン衝突計算を行う。重イオン衝突では数々の粒子が生成されるが、特に荷電パイ中間子の測定は EoS の研究の観点から感度が高いと言われている。より現実の衝突に近づけたモデルにおいてパイ中間子の生成がどうなるのか理論計算を通して確かめる。

本研究課題を主眼とした実験は 2016 年に理研 RIBF にて遂行された。すべての実験データは HOKUSAI のディスクスペースに格納されており、検出器の校正、評価を行う。また飛跡検出器情報を使った飛跡再構成アルゴリズムを開発し、重イオン衝突におけるパイ中間子測定、陽子、軽イオンの測定と各粒子における方位角異方性(フロー)の測定を行う。

3. 結果

実験データの解析により、荷電パイ中間子、陽子、重陽子、トライトンの収量の解析を完了した。図 1 は荷電パイオン比の運動量依存性を示しているが、理論モデルと比較することにより状態方程式の対象エネルギー

項に対し制限を与えることに成功した。

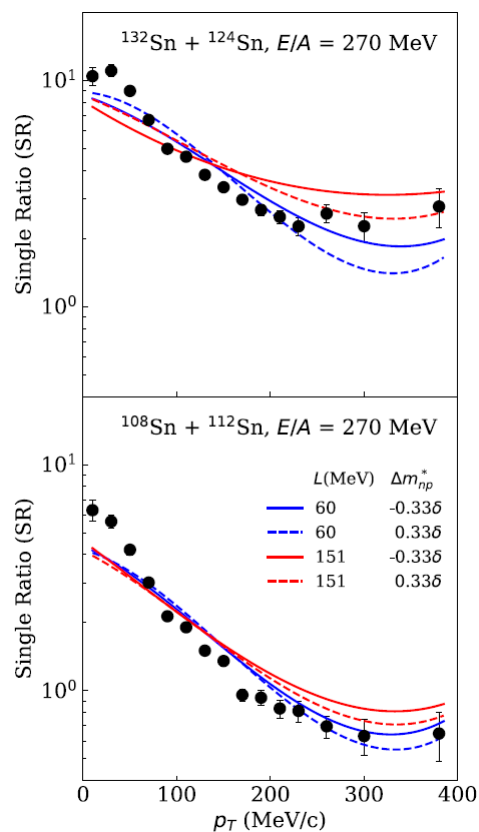


図 1: 各重不安定核衝突における、荷電パイ中間子収量比の横方向運動量依存性。黒点は実験データで線は理論モデル計算による結果。L が状態方程式を特徴づけるパラメータの一つである。

この結果により $42 < L < 117$ MeV の制限をつけ、この結果は観測を含むほかの研究結果と無矛盾である。

4. まとめ

2016 年 RIBF にて取得した重 RI 衝突実験データの解析を行い、荷電パイオンの収量を測定した。

これまで HOKUSAI にて行った重イオン衝突計算を実験データとの比較、原子核状態方程式に対し、実験的制限をつけた。

5. 今後の計画・展望

今後はより精度高く制限をつけるため、荷電粒子比や方位角異方性といった、他の観測量と組み合わせて相補的に状態方程式に制限をつける。

6. 利用がなかった場合の理由

2021 年度 利用研究成果リスト

【雑誌に受理された論文】

J. Barney et. al,
The S π piRIT time projection chamber
Review of Scientific Instruments, 92 (2021) 063302

J. Estee et. al,
Probing the Symmetry Energy with the Spectral Pion Ratio
Physical Review Letters 126 (2021) 162701

M. Kaneko et. al,
Symmetry energy investigation with pion production from Sn+Sn systems
Physics Letters B 813 (2021) 136016

【口頭発表】

磯部忠昭、重イオン衝突におけるパイオン測定を通じた対称エネルギー(Symmetry energy)の研究、～中性子星の観測と理論～研究活性化ワークショップ 2021、2021 年 8 月 12 日、オンライン

磯部忠昭、重 RI ビーム衝突からの荷電パイ中間子測定による高密度核物質対称エネルギーの研究、日本物理学会秋季大会、2021 年 9 月 15 日、オンライン

倉田(西村)美月、重 RI ビームを用いた生成粒子の集団運動の観測と対称エネルギー依存性の研究、日本物理学会秋季大会、2021 年 9 月 15 日、オンライン

T. Isobe、Measurement of spectral pion ratio in Sn+Sn collisions for the constraint of density dependent nuclear symmetry energy、RIBF Nuclear Physics Seminar、2021 年 9 月 28 日、オンライン

【その他(著書、プレスリリースなど)】

プレスリリース

2021 年 5 月 11 日

高密度な中性子物質の硬さの測定に初めて成功 -中性子星内の状態を実験室で再現-

https://www.riken.jp/press/2021/20210511_2/index.html