

齋藤高エネルギー原子核研究室

主任研究員 齋藤 武彦 (Ph.D.)



(0) 研究分野

分科会: 物理

キーワード: 原子核物理学、ハドロン物理学、ストレンジネス、粒子検出技術開発、機械学習

(1) 研究背景と研究目標

この宇宙を構成する物質の階層構造を理解するためには、階層構造を構成している粒子間にどのような力が働きあっているのか、すなわち粒子間に働く相互作用、を理解する必要がある。我々はその中でもハドロン・原子核階層を理解するために、ドイツや中国などの国際大規模重イオン加速器施設を用いて様々な核物質状態におけるハドロン間の相互作用の研究を主導している。また、加速器を用いた大規模実験のほか、粒子飛跡検出器とそのデータ解析手法の開発を行っており、その技術を用いることにより世界最高精度での多重ストレンジネス原子核の研究を推進している。またそれらの技術を用いた産業と医療に対しての応用研究も精力的に行っている。

(2) 2019年度成果と今後の研究計画(中長期計画2025年度まで)

2019年2月に理研に発足した当研究室においては2019年度は最初の年度であった。2019年度は主にドイツGSIにおいて主任研究員の齋藤が理研着任前に既に主導し理研においても推進しているWASA-FRSプロジェクトに対しての準備を行った。WASA-FRS実験は齋藤らが先行実験であるHypHIで発見をしたラムダハイペロンと2つの中性子で構成される中性ハイパー核の存在の真偽の確認とハイパートリトン原子核の短寿命の確認が主な目的であり、また η' 中間子の原子核への束縛系の探索も重要課題として推進している。最初のWASA-FRS実験は2022年に実施が予定されている。図1にGSIにある核破砕片測定装置FRSに設置されるWASA検出器を示す。現在、WASA検出器はGSIの実験ホールのテストエリアに設置されており、我々はそこでWASA-FRS実験の準備を遂行している。2019年度においては、1) 超伝導磁石の内部に設置されるガスを用いた検出器の組み立てと動作確認、2) シンチレーションファイバー検出器の開発とプロトタイプ検出器のテスト、3) 超伝導磁石の動作確認テストの準備、4) 超電磁石の液体窒素温度までの冷却、5) モンテカルロシミュレーションとデータ解析に用いるソフトウェアパッケージの開発、を遂行し完了した。図2にWASA検出器と周辺機器の現状を写真で示す。左の写真は装置全体の上部からの写真であり、右の写真は冷却系部分を示している。

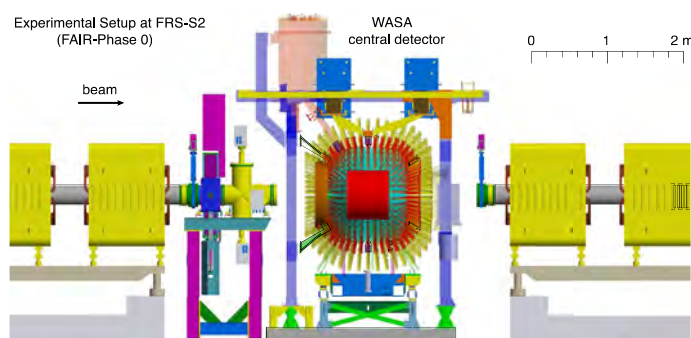


図 1: ドイツGSIにおける核破砕片測定装置FRSに設置されるWASA検出器

2020年度は引き続きWASA-FRS実験の準備を行う。超伝導磁石は2020年7月までに液体ヘリウム温度まで冷却する予定である。装置全体を支える架台の建設も開始する。バレル型プラスチックシンチレーター検出器のアップグレードも2020年末までには完了させる。開発したファイバー検出器の建設は2020年夏までに終了し、GSIに移送する前に理研において動作テストを行う。図2に示されているそれらのテストのための実験室を当研究室に既に建設・整備しており、ファイバー検出器のテスト準備が進行中である。建設した新しい実験室ではWASA-FRS実験準備だけでなく、J-PARC E07実験で取得された原子核看板データの前面探索によって解析しダブルストレンジネスハイパー核の構造を詳細に研究するプロジェクトも進行中で

あり、そのための機械学習を用いた解析手法の開発も行っている。また、研究室独自の計算機環境の整備も進行中であり、CPUコアが約1400、GPGPU CUDAコアが約37000、データストレージ200 T Byteを有する計算機環境の構築を進めている。また、産業・医療応用を目指した中性子とガンマ線の精密イメージング技術の開発も行っている。



図 3：WASA検出器の現状の写真。左：上部からの写真と、右：冷却系の写真。



図 2：新しく当研究室で整備した実験室

今後の2025年度までの5年間は当研究室の研究活動において非常に重要である。2022年に実施予定のWASA-FRS実験の準備をGSIと理研にまたがって全て完了する必要がある。WASA-FRS実験で得られるデータ、情報、経験はその後に2025年からの実施を目指しているドイツFAIRと中国HIAFの両大型加速器施設で推進中の実験に必要不可欠であり、それらに基づいた装置開発を2025年までに完成させる。また原子核看板から得られるダブルストレンジネスハイパー核の情報も2025年からの実験の方向性を決定するのに非常に重要であり、それらの機械学習を用いたデータ解析も2025年までに完了する必要がある。また、2025年までの5年間で中性子とガンマ線を用いたイメージング技術開発を完成させ産業と医療に対して実用化を目指す。

(3) 研究室メンバー

(主任研究員)

齋藤武彦

(研究員)

田中良樹

(テクニカルスタッフ)

江川弘行

中川真菜美

(2019年度)

(国際プログラム・アソシエイト)

Abdul Muneem

Enqiang Liu

(アシスタント)

倉片由紀子

(4) 発表論文等

1. Take R. Saito, 招待講演, “Update on the WASA-FRS Experiment”, NuSTAR Annual Meeting 2020, GSI, Germany, March 2nd, 2020.
2. Take R. Saito, セミナー, “New Research Activities at RIKEN: Hypernuclear Physics with Heavy Ion Beams and Beyond”, Special Seminar, Osaka University, Japan, December 25th, 2019.
3. Take R. Saito, 招待講演, “Few-body strangeness nuclei and their puzzles”, 24th European Conference on Few-Body Problems in Physics, University of Surrey, Guildford, UK, September 2nd-6th, 2019.
4. Take R. Saito, 招待講演, “New Frontier on the Hypernuclear Physics”, NUClear physics School for Young Scientists (NUSYS-2019), Institute of Modern Physics, Lanzhou, China, August 12th-17th, 2019.
5. Take R. Saito, 招待講演, “Hypernuclear experiments with Heavy Beams: HypHI and Beyond”, 4th CBM-China Workshop, Yichang, China, April 12th-15th, 2019.

Supplementary



図 4: 下段の左から、Vasyl Drozd、Enqiang Liu、中川真菜美、Abdul Muneem。上段の左から、倉片由紀子、田中良樹、齋藤武彦、Yue Ma、江川弘行。Vasyl DrozdはGSIとGroningen大学の博士課程の大学院生で、2019年9-10月に1ヶ月間当研究室に滞在。

Laboratory Homepage

https://www.riken.jp/research/labs/chief/high_ener_nucl_phys/index.html