



出願理由書 Statement of Purpose

フリガナ	キムラ ユウト
氏名 /Name	木村 佑斗

日付/ Date:2024/1/31

宇宙創成物理学国際共同大学院（GP-PU: Graduate Program on Physics for the Universe）のホームページや学生便覧の記載事項を参考にして、以下の項目について分かり易く書いて下さい（英語での記載も可能です）。記入にあたっては各項目の枠内および与えられたページに収まるよう記載して下さい。

- (1) あなたがGP-PUへの入学を希望するにあたり、どのような能力や経験などを身につけたいかを記載して下さい。海外への留学経験などがある場合には、それも含めて記載して下さい。

私はGPPUのプログラムを活用して、国際的な研究の場で活躍できる人材になる基礎を築きました。私は学部4年の時に聴講しに行った国際会議や、SNP School 2023での発表・議論を通して「国際的な場」への慣れの重要性を痛感した。大学入学以降出会ってきた、私が尊敬する人々は皆総じて英語が堪能であり説得力のある発言をし、まわりを良い方向へ導くことのできる人々だった。その中には現在GP-PUに所属している先輩もいる。このような尊敬する方々に追いつけるように「国際的な場慣れ・英語力・牽引力」を培いたい。すでに国際共同研究グループに入って研究を始めているが、GP-PUでサポートしていただける国際研修によって、現地の共同研究者たちとの議論を積極的に行い、専門的な知識の強化と語学力の向上を狙う。

- (2) GP-PUの特徴は海外教育研究機関との共同教育です。学生には博士課程修了までに延べ3ヶ月以上海外教育研究機関に滞在し、国際共同研究を行うことを義務付けています。あなたがどのような国際共同研究等を考えているか記載して下さい。具体的な予定がすでにある場合はその概要を記載して下さい。

私の博士課程でのテーマであるJ-PARC E80実験とのコラボレーターが所属するLNF-INFN（イタリア）への滞在を予定している。本施設はエネルギーの揃った世界最低エネルギーのK中間子を入射粒子として利用できるDAΦNEコライダーを保有している。現在、LNF-INFNにおいてSIDDHARTA-2 実験が行われている。本実験は数keV領域のX線に関して世界最高の分解能を誇るSDDという検出器を用いて、K中間子重水素原子のX線分光によりK中間子と核子の相互作用の決定的な情報を得ることを目的とした実験である。2024年に長期の重水素標的を使った実験が計画されている。この実験に参加するために現地に赴き、設備や実験の原理・方法を学び、データ解析を通して実験に貢献する。

また、同施設・同セットアップで標的を6Li, 9Be, 238Uに置き換え、重いK中間子原子からのX線測定を目的としたEXKALIBUR実験が始まる[1]。博士課程在籍時に現地へ行き、この実験に参加する。本研究は私の研究テーマのK中間子束縛原子核と密接に関わっている。この国際研修でK中間子原子の分光で世界をリードしているSIDDHARTA-2/EXKALIBURグループとK中間子-核子間相互作用が関わる物理に関して議論を深め、私の博士課程での研究の糧にする。

[1] Curceanu C. Siddharta-2 status report. Sci Com LNF-INFN (2023) 2023

- (3) これまでのあなたの研究内容、研究実績を記載して下さい。また今後宇宙創成物理学分野でどのような研究を推進する予定であるかを記載して下さい。



【研究内容 (Research)】

現在、私は高密度物質に興味を持っている。ハドロンの多体系を超高温にするとクォーク・グルーオン・プラズマという相に転移することが理論的・実験的にわかっている。通常、クォークはQCDの非摂動効果である「閉じ込め」によって束縛され、ハドロン状態でしか存在できないが、この状態になるとクォークが非束縛で存在できる。では、ハドロン多体系の密度を極限まで高くするとどうなるのか、ハドロンというアイデンティティが無くなりクォーク物質になるのか、実験的にはまだわかっていない。中性子星の核が超高密度であるが、我々はそれを直接調べることはできない。理論的にハドロン間相互作用を研究する有効な手法として、格子QCDという数値計算法がある。しかし、高温低密度側は格子QCD数値計算で詳しく計算されている一方で、低温高密度側は格子QCDでの有効な数値計算が未確立である。そこで私が注目しているのが「K中間子束縛原子核」である。反K中間子と核子の間に生じる強い引力によって生じるこのK中間子束縛原子核の内部は、原子核密度を超える超高密度状態であると考えられている。すなわち、実験室で作れる超高密度物質であるK中間子束縛原子核を系統的に調査することで、確定的な情報が少ない低温高密度側の重要なデータを得ることができると考えている。これにより、低温高密度側でのカイラル対称性の回復、エキゾチックハドロンの構造など、ハドロン物理学における未解決問題の解明が期待できる。また、通常は核力の媒介粒子である中間子を、実粒子として含む物質は全く新しい物理的対象である、ということをお私強調しておきたい。このような新たな形態の物質の基本情報である束縛エネルギー、崩壊幅、スピン・パリティ等を系統的に調べることは元素周期表を作り上げることと同じように、将来の科学の発展につながる重要な仕事だと考えている。

J-PARCでの先行研究で反K中間子と核子2つが束縛した最も単純なK中間子束縛原子核の存在が確かになった。今後更に核子数を増やしたK中間子原子核の系統的測定を行う計画(J-PARC E80)があり新しく大立体角検出器群の開発が進んでいる。私はこの共同実験グループに加わり、崩壊中性子の検出を新たに可能にするCNCの開発を担当している。プロトタイプとして長さ260cm、幅12cm、厚さ5cmのシンチレータを両端のPMTで読み出す検出器ユニットを評価した。具体的には、このシンチレータ1本の時間分解能とその入射位置依存性を調べるテスト実験を2023年10月に東北大学電子光理学研究センターの陽電子ビームラインで行い、データ解析により要求性能を満たすことを明らかにした。修士課程2年次では同実験で使用される、崩壊荷電粒子を大立体角で検出するための大型飛跡検出器である円筒型ドリフトチェンバー (CDC) (全長約2.7m) の性能評価を責任を持って行う。

博士課程進学後は修士課程時に調査したCNCとCDCを搭載した検出器群を使うE80実験を遂行する。予定では2026年にデータ収集を行う。そのデータを用いて博士論文を書く予定である。同時に、GPPUの国際研修で培った人脈を使い、国際的な舞台でK中間子束縛原子核の理論・実験の専門家と議論し、公表論文にまとめる。この実験結果がK中間子束縛原子核の性質(束縛エネルギー、幅、etc)の系統的な調査のマイルストーンになると考えている。

【研究業績 (Achievements)】論文や学会発表など、投稿中の論文や受け付けられた学会発表も含めて良い。

- SNP School 2023 Young Researchers' Setion 口頭発表、ポスター発表
「Performance evaluation of Neutron Counter for J-PARC E80 at K1.8BR」
- 日本物理学会 2024年春季大会 (一般講演で発表予定)
「K中間子束縛原子核探索のための中性子カウンターの性能評価」
- ELPH シンポジウム 2024 (ポスターセッションにて発表予定)
「同上」



宇宙創成物理学
国際共同大学院

Office use
受験番号