

国際協力によるミュオン素粒子物理研究の新展開

	研究代表者 三原 智 (みはら さとし) 研究者番号：80292837
	研究課題 情報 課題番号：22K21350 研究期間：2022年度～2028年度 キーワード：ミュオン、レプトンフレーバー、大強度ミュオンビーム、ミュオン加速

この国際共同研究の重要性・面白さは何か（研究の目的と意義）

本研究では、新たに構築する国際協力体制によりミュオン素粒子物理を強力に推進する(図1)。3つの世界最高感度のミュオン素粒子実験で新物理発見を目指すとともに、大強度・高輝度ミュオン源と測定技術の開発を行い、新物理全容解明を可能にする次世代実験の実現を目指す。一連の研究過程を通じて次世代実験を担う優秀な若手人材の育成も図る。

本研究では、ミュオン素粒子実験を究極の感度で実現し、理論研究と照らし合わせて新物理のシナリオを絞り込み、素粒子物理学の将来を照らす道標を得る。素粒子の振る舞いを精密に測定すると、量子力学の高次効果を通して、遥かに高いエネルギーで起こる未知の現象を垣間見ることができる。これは、量子力学の不確定性関係により許される一瞬だけ、実際より何桁も大きなエネルギーが実現されるからである。

スイス・ポールシェラー研究所(PSI)・東京大学素粒子物理国際研究センター(ICEPP)・大強度陽子加速器施設J-PARCの協力により、ミュオンの荷電レプトンフレーバー数の保存の破れ(cLFV)を世界最高精度で探索する2つの実験(COMET実験・MEG II実験)、異常磁気能率(g-2)と電気双極子能率を超精密測定する実験(g-2/EDM実験)を行う。これらに加えて、より高感度のミュオンの稀過程やミュオンEDMの探索実験の検討やヒッグス粒子を大量に生成し精密測定が可能な新しい計画として正負ミュオンの衝突型加速器実験やミュオン-電子衝突型加速器実験の可能性を検討する。本研究の学術成果、開発する基盤技術、理論的な考察を組合せて、将来計画を具体的に検討することも本研究の目的である。

本研究の研究成果は物質・地球科学研究、原子物理・物質科学研究、半導体ソフトウェア研究など広く応用が可能である。

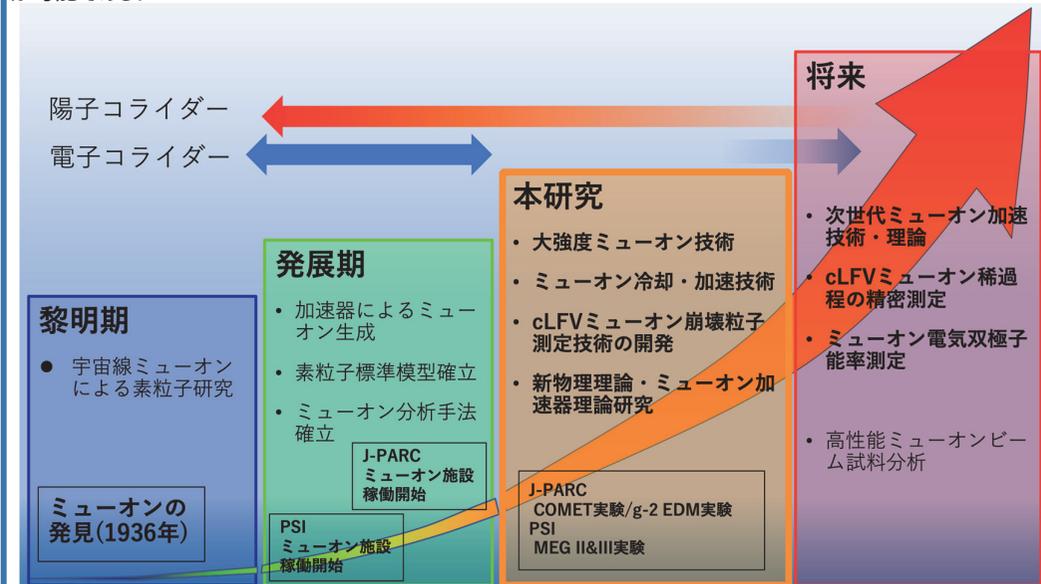


図1 本研究の位置付けとビジョン

誰がこの国際共同研究を行うのか（優れたグループによる国際共同研究体制）

これまでKEK・PSI・ICEPPの3研究機関はミュオンを用いた素粒子研究を牽引してきた(図2,3)。本研究では、これらの機関がタッグを組み、国際的な協力の枠組みを作る。世界最大強度・最高輝度のミュオン源およびその測定技術の開発はこの協力によって初めて可能となる。本研究の基盤アイデアは、これまで進めてきた既存の研究プロジェクトで培われた知見に基づいている。これを現行研究から切り離れた独立研究と位置づけ、若手人材が主体的に進める体制で実施する。若手人材が国際協力により次世代の素粒子研究やその応用に関する技術基盤を形成することにより、分野全体のさらなる国際化の推進と中核を担う研究者の育成を行う。

本研究はミュオン実験の多様性、相補性を駆使して、新物理現象の発見、さらに新物理の全容解明に向け素粒子物理研究の次の段階を目指す。このためグローバルなネットワーク的国際研究をミュオン研究の世界的拠点であるPSIと構築し、基盤技術の開発を行いながら次世代の実験を実現する。

ICEPPとPSIはMEG実験とその後継実験であるMEG II実験を通じて20年来の密接な交流がある。KEKとPSIは2019年に学術交流協定を締結し、2022年4月にはKEKとPSIで研究会も開催した(図4)。この研究会には両研究機関の首脳陣も出席し、今後のKEKとPSIの技術協力の体制を確認した。本研究で直ちに国際共同研究を開始する準備は整っている。

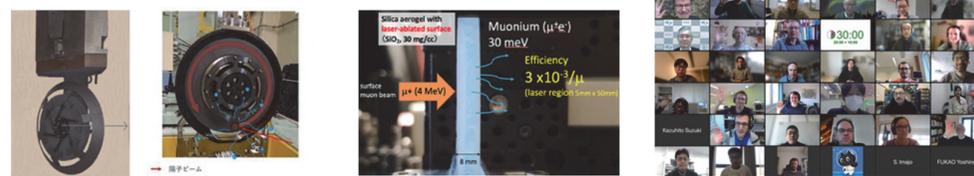


図2 PSI-J-PARCが共同開発したミュオン生成回転標的
 図3 KEKが開発しPSIで使用されたミュオン生成標的
 図4 2022年4月に開催したKEK-PSI技術ワークショップ

どのように将来を担う研究者を育成するのか（人材育成計画の内容）

本研究では、共通の実験基盤技術の開発とそれを駆使した実験の遂行、実験結果に関する理論的研究を通じて若手育成、人材交流を図る。国際共同研究の枠組みで研究テーマの立案・実施・発表という一連のプロセスを行い国際性豊かな若手人材を育成する。このために若手研究員を雇用しPSIや欧州の関連機関に長期派遣する。研究を進める上では開発項目それぞれに研究費を配分し、研究員の裁量で研究が推進できる体制を構築する。具体的には、若手研究員をコアとする5-10人程度の研究グループをそれぞれが形成し、日本の大学院生とスイス・ETHチューリッヒ校やイタリア・ピサ大学の大学院生をメンバーとする。若手研究員はスイスに長期滞在することを基本とする。日本からは、東京大学に加えて、国内大学の大学院生がPSIに長期滞在する(図5)。

各開発項目には研究代表者と分担者がメンターとしてチームに参加し助言を行う。研究期間中研究員らは進捗状況と研究成果を国際会議で発表する。本研究では進捗状況を全体で共有する定例の国際ワークショップの開催を予定している。ワークショップではシニア研究者によるチュートリアル講演を行い、大学院生が最先端の技術・研究に速やかに取組める知識を提供する。また、PSIで若手研究員や大学院生を中心とする定例研究発表会や輪講を企画し、英語での議論を習熟させる。このような取り組みにより我が国の中核を担う若手研究者の育成を行う。



図5 MEG II実験で活躍する若手研究者
 図6 3年に一度PSIで開催する素粒子物理の国際ワークショップ（研究代表者・分担者・若手研究者を含む多数が参加）