

21 世紀の量子プローブ「ミュオン」を用いた学際科学の新展開

① ビジョンの概要

我が国のミュオン科学は、従来の自然科学から人文科学、産業利用などに研究分野を広げている。人文科学分野との連携による文化財の非破壊元素分析などの文理融合研究は、広がりをも示している。21 世紀に入って展開を見せるミュオン科学を更に飛躍させ、将来、人類が遭遇する問題を解決するために、他の量子ビーム科学と連携しつつ、その礎となる学際的な人材の育成をミュオン科学を通して行うことを提案する。

② ビジョンの内容

現代文明は自然科学の発展によって飛躍した一方、環境破壊やエネルギー問題など多くの危機に直面している。これらの解決には専門分野の枠を超えた複合的な視点が必要であり、分野横断型の教育や連携を担う組織が不可欠である。本会（日本中間子科学会）は、量子ビームの一つであるミュオンが新たな科学技術を切り拓き、人類の課題解決に貢献すると考えている。

ミュオン研究は、素粒子としての性質解明だけでなく、考古資料の非破壊分析や物質内部の磁場測定など、様々な分野との融合で成果を挙げてきた。また、ミュオンの基礎研究は核変換や触媒核融合などの応用の可能性にも

つながっている。日本には高時間分解測定が得意な大阪大学 RCNP 連続状ミュオン源 MuSIC と瞬時測定が得意な世界最大強度の J-PARC ミュオン科学実験施設パルス状ミュオン源 MUSE という特徴の異なる 2 種類のミュオン源があり、この環境は世界でも唯一である。本会は研究者交流を促進してきたが、現在の分野融合は研究者の自主努力に依存しており、真の融合には組織的な議論の場と次世代育成が必要である。

この課題解決のため、本会は学際研究の拠点となる「ミュオン科学研究センター」の設立を提案する。既存施設の高度化や新設にも関わりつつ、他の量子ビーム学会とも連携し、協奏的な発展を目指す。

③ 学術研究構想の名称

21 世紀の量子プローブ「ミュオン」を用いた学際科学の新展開

④ 学術研究構想の概要

本構想は、ミュオンを基盤とした学際研究を推進するため、総合知を備えた拠点大学に「ミュオン科学研究センター（仮称）」を設立し、21 世紀の新たな学際科学を切り拓く基盤を整えることを目的とする。ミュオン科学は加速器を用いた素粒子物理から始まったが、ミュオンの特性を活かして自然科学、人文科学、産業分野へと広く発展している。MuSIC と MUSE の 2 種類の特徴的なミュオン源を有する日本は、ミュオン科学において国際的にも中心的役割を果たしている。

本会は学際化するミュオン研究者を束ね、研究会などを通じて分野融合の萌芽を育ててきた。設立を提案するセンターでは、最先端研究の推進とともに国内外の研究者交流を強化し、高度な分野融合を実現する。また、中性子・陽電子・放射光など他の量子ビーム分野とも連携し、多層的な融合研究の展開を図る。こうした環境に若手研究者を参画させることで、広い視野と高い問題解決能力を持つ次世代を育成する。本会は長年の蓄積と幅広い連携を背景に、この構想を牽引できる唯一の存在である。

⑤ 学術的な意義

地球環境やエネルギーなどの深刻な課題を解決するには、専門分野を超えた複合的アプローチと、それを支える人材育成・拠点連携が不可欠である。本構想のセンターは、ミュオン科学を基盤に多分野融合研究を



図 1 多様なミュオン科学



図 2 ミュオン科学研究センターの構成

推進し、第一線の研究者・技術者が協働する世界的な拠点形成を目指す。

センターを基盤とした研究は、強相関電子系の界面物性の解明、負ミュオンによる新しい視点からの磁性研究、トポロジカルスピン構造の解析、タンパク質研究、生細胞イメージングなど多岐にわたる。これらは大強度ミュオンビームによりさらに発展する。SDGs 関連でも、リチウムやナトリウム電池など次世代電池材料、水素エネルギー分野への寄与が期待される。ミュオン核変換による高レベル放射性廃棄物の低減、ミュオン触媒核融合の実証、可搬型ミュオン源の開発なども重要な課題である。また、高圧力・強磁場コミュニティとの協働による室温超伝導の研究、考古学・文化財研究との融合など、分野間連携は多くの新領域を切り拓く。センターはこれらの成果を生み出すオープンな研究コミュニティとして、次世代研究者を育成し、ミュオン科学を通じて社会課題の解決に貢献する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

2010 年代前半までは、スイス・英国・カナダの施設と MUSE が世界のミュオン研究を主導していたが、MuSIC の完成により日本は異なる時間構造を持つ 2 つのミュオン源を活かした独自の強みを獲得した。一方、近年は中国や韓国が新施設の建設に着手し、マテリアルズインフォマティクス技術等を用いることで既存施設を凌ぐ可能性がある。日本が優位性を維持するため、センターは 2 施設の積極活用と高度化に貢献し、海外研究者との連携や国際人材育成を進める。日本で始まった文理融合研究は欧米にも広がっており、本計画はさらなる国際的展開や人材交流を生む起爆剤となることが期待されている。

⑦ 社会的価値

高度化したミュオン分析と MI 技術の連携により、次世代電池や水素利用技術が進展すれば、多くの人々がクリーンエネルギーを使える社会の実現に寄与する。また、可搬型ミュオン源によるインフラ診断が実現すれば、設備を停止せずリアルタイムで点検でき、産業的価値が高いだけでなく災害予防にも大きく貢献し、「産業基盤の強化」や「持続可能なまちづくり」に資する。

さらに、センターで多様な人材を受け入れることは「質の高い教育」「ジェンダー平等」「不平等の是正」にもつながり、SDGs 達成に大きく貢献する。自然科学の技術を社会実装する際に生じる社会的課題についても、文理融合の研究者育成により広い視点で解決を図る。本構想は日本の未来に大きく寄与するものである。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞ 本センターでは以下の 5 つの研究項目を 4 つの部門が連携して推進する。

1. MuSIC のミュオンビームの増強と高度化、および先端研究への運用：センター専用の装置を建設し、文化財、隕石などの非破壊元素分析、物質生命科学の研究を推進する。
2. MUSE のミュオンビームの増強と高度化、および先端研究への運用：センター専用の装置を建設し、物質生命科学の研究、先端計測システムの開発研究を実施する。
3. 測定システム開発：MI や情報科学分野と連携し、解析の高度化を達成する。また、測定器の専門家と連携し、新手法を開発する。
4. 可搬型ミュオン源の開発研究：可搬型ミュオン源の基礎を確立し、実証機による社会インフラ診断の試験を行う。
5. 分野融合推進研究：分野連携研究会、児童・生徒を対象としたミュオンビーム実習、大学生以上を対象とした国際スクールなどを開催し、ミュオン科学分野への新規参入を促す。

＜実施機関と実施体制＞ 本会は、MuSIC を有し、広範囲の分野の研究者がミュオン科学研究に参画している大阪大学に本センターを設置することを強く望む。本センターには、1) センター専有ビーム活用部門、2) 可搬型ミュオン源開発部門、3) 次世代測定開発部門、4) 分野融合推進部門の 4 部門を設置する。各部門は教授・准教授・助教から構成され、センター長がこれを統括する（総員 17 名の専任教員）。

＜総経費＞ 67 億円

1) 人件費 1.7 億円×10 年（専任教員 17 名分）17 億円、2) MUSE における専用施設建設・運用 10 億円、3) MuSIC における専用施設建設・運用 10 億円、4) 可搬型ミュオン源開発 15 億円、5) 測定器開発 10 億円、6) 分野融合推進および人材育成諸経費 5 億円

⑨ 連絡先

足立 匡（上智大学）、河村 成肇（高エネルギー加速器研究機構）