

【新学術領域研究（研究領域提案型）】
理工系



研究領域名 超低速ミュオン顕微鏡が拓く
物質・生命・素粒子科学のフロンティア

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・教授 鳥養 映子

【本領域の目的】

物質や生命の機能に対して、界面などの境界条件は重要な役割を果たしています。界面はまた、超伝導の増強や、新奇な物性を生む場としても注目されます。本領域では、「超低速ミュオン顕微鏡」を用いた新しい実空間イメージングの方法を確立し、界面において多様な物理・化学・生命現象が現われる機構を解明して、物質設計に役立てる新しい学術領域の開拓を目指します。

加速器で作られる正電荷のミュオンはスピンの揃って、物質内部に埋め込まれると、平均寿命2マイクロ秒で崩壊するまでの間に、隣り合った原子の状態と運動を、高感度で測定します。

「超低速ミュオン顕微鏡」は、物質・生命の研究に最も必要とされる、①深さ方向にナノメータ分解能での連続走査性能を持つ「超低速ミュオン」と、②ミクロンオーダーのビーム径で物質内部の3次元走査性能を持つ「高密度マイクロビーム」の2つの機能を目指す世界初の実験装置です。

生命科学においても生体のイメージングなどの新たな可能性を拓きます。加えて、「超低速ミュオン」をさらに低速化し、「マイクロビーム」をさらに尖鋭化することにより、「標準理論」を越える素粒子/基礎物理のフロンティアを築きます。

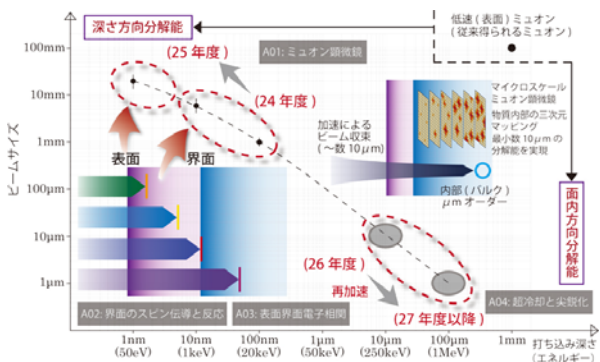


図1. 超低速ミュオン顕微鏡によるイメージングの空間スケールと開発シナリオ

【本領域の内容】

本研究は次の4つの研究計画班と公募研究者で構成します。

(A01) 超低速ミュオン顕微鏡創成と極微 μ SR：顕微鏡の開発を先導し、微小領域を3次元にマッピングする顕微法を確立することにより、アクチナイド物質、分子性結晶、DNAの性質を解明。

(A02) スピン伝導と反応：電子や原子などの移動を伴う系のスピン選択性やダイナミクスを解明。半導体のスピン伝導、触媒化学反応、電気化学を担うイオン伝導、生命反応を司る電子伝達。

(A03) 表面-バルク境界領域におけるヘテロ電子相関：表面からバルクへの境界領域における、ナノからミクロンの長さスケールで生起する共同現象を解明。超伝導、磁性の境界効果等。

(A04) 物質創成の原理を極める超冷却と尖鋭化：世界最強レーザー技術で領域の基盤技術を支え、超伝導、磁性の境界効果等。将来のミュオン異常磁気能率の精密測定を目指した超高性能ビームの原理を実証する。

【期待される成果と意義】

表面・界面・薄膜などが関わる諸現象における電子の状態の局所的かつ俯瞰的理解は、基礎研究とグリーンイノベーションにつながる応用研究の両面に画期的な進展をもたらすと期待されます。

これらの研究を実現するのは、日本が誇る大強度陽子加速器施設（J-PARC）の世界最強パルスミュオンビームと、世界最強全固体パルスレーザー技術です。最高性能顕微鏡を完成させるために、物性、化学、生命、素粒子原子核、加速器、レーザーの広い分野からの知識と技術を結集しました。世界の研究者が熱望する超低速ミュオン顕微鏡によって、J-PARCに界面科学の世界拠点を築きます。

研究機関の協力を得てトライアルユースというビーム枠を用意し、ミュオン実験の初心者、異分野、産業界等の研究者の試験的利用を促進し、この顕微鏡の潜在能力の活用と、展開を図ります。

【キーワード】

ミュオン：正または負の素電荷とスピン 1/2 を持つ素粒子。質量は電子の 207 倍、陽子の 1/9。平均寿命 2.2 マイクロ秒で陽電子または電子をスピン方向に放出して崩壊する。 μ SR 法：放出粒子数の方向非対称性から、内部場の分布や緩和を通じて物質の電子状態を微視的に調べる実験方法。

【研究期間と研究経費】

平成23年度－27年度

1, 152, 500千円