

# 超低速ミュオン顕微鏡の開発と現状

## Development of Ultra Slow Muon Microscope

鳥養映子<sup>1,2,3</sup>、三宅康博<sup>3,4</sup>、門野良典<sup>3,4</sup>、岩崎雅彦<sup>5</sup>

<sup>1</sup>山梨大、<sup>2</sup>原研先端研、<sup>3</sup>J-PARC、<sup>4</sup>KEK、<sup>5</sup>理研

超低速ミュオン顕微鏡は、世界最強ミュオン源と最先端光技術の組合せにより、加速器から生成するミュオンビームに不可欠なエネルギーの広がりを極限まで抑え、eV から MeV までの単一に近いエネルギー分布を持つミュオン源を目指したもので、パルスミュオン施設でのみ実現可能な夢の量子ビームである。超低速化の原理と機器構成を示す概念図を示す。

その原理は 1990 年代に実証されていたが、J-PARC の最強パルスミュオン源と、理研の超強 VUV レーザー発生技術の組合せで、初めて実用ビーム開発への道が拓けた。

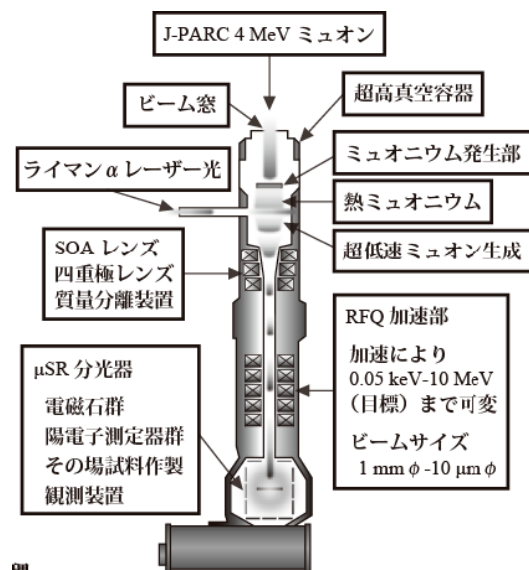
J-PARC のミュオン強度は、2018 年度には所期性能の 50% (500MW) での安定運転が続いており、夏には 1MW 運転のテストに成功している。熱ミュオニウムを共鳴イオン化するライマン  $\alpha$  レーザー光源も所期性能の約 30% の強度ながら、数年にわたり年に 1~2 回のメンテナンスで安定に発生し続けている。我が国が誇る 2 つの最先端パルス技術に支えられて、2018 年中に、50nm の薄膜試料を用いたイメージング性能評価実験を進めてきた。

さらなる高強度 VUV レーザー光発生のために開発を続けてきた、大口径四元系セラミクスレーザー媒質 Nd:YAG ( $Y_3Ga_2Al_3O_{12}$ ) 及び Nd:YSGA ( $Y_3Sc_{1.5}Al_{3.5}O_{12}$ ) の試作品が完成し、現在実機搭載前の性能評価中である。

これらの成果により、J-PARC の 1MW 運転が始まる 2019 年度前半には、 $10^4$  個/s の超低速ミュオン発生を見込んでおり、表面、界面研究への応用をいよいよ始めようとしている。

一方、当初目標としていた深さ方向に nm 分解能及び再加速による先鋭化を生かした物質・生命科学への応用や、g-2/EDM 等の基礎物理研究への発展的応用のみならず、可干渉性のミュオンビーム開発プロジェクトと透過型顕微鏡開発も始まっており、全ての基幹技術となる超低速ミュオン発生技術確立への要求はますます強まっている。

現在までの開発の現状と今後の展望についてご紹介したい。



理

図 超低速化の原理と機器構成