

オペランド測定：ミュオンの現状と将来

KEK 物構研¹, J-PARC センターMLF ミュオン² 幸田章宏^{1,2}

E-mail: coda@post.kek.jp

J-PARC MLF のミュオンビームライン(MUSE)では、現在、4本の2次ビームライン (D, U, S, H ライン) において世界最大強度のパルスミュオンビームを用いた様々な実験がおこなわれている。大強度ミュオンビームを用いる利点はいろいろあるが、物質材料開発研究における利点としては、微小試料を用いた実験が可能となること、および1回の測定にかかる時間が短くなることであろう。後者をさらに追求すれば、連続的な時間経過にともなう現象をその場観察するオペランド測定の実現へと至る。J-PARC MLFが稼働した当初からこの路線での取り組みは始められているが、ひとつの先駆的な成果として挙げられるのは、先端磁気材料 FINEMET®のナノ微結晶成長に関するオペランド μ SR 測定である[1]。また電池材料の充放電過程をオペランド μ SR 測定により調べる試みも報告されている[2, 3]。大強度ビーム、そしてオペランド μ SR 測定の利点がさらにミュオンビーム実験の研究対象・分野を拡大していく連鎖はすでに始まっているといえる。そうした展開の別の側面として、大強度ミュオンビームはこれまでの測定に対する考え方を大きく変えるポテンシャルも持っていることを指摘したい。それは我々が開拓し、最近、トランジェント μ SR 測定と命名した手法である[4]。実験者が注目する物理量、たとえば典型的かつよく親しまれているものとしては温度を一定に制御しながら μ SR 測定をおこなうのがこれまでの測定方法（プロトコル）である。それに対して、トランジェント μ SR 測定では各ビームパルスに紐づけできるデータとして物理量を取り込んでおく。取り込む物理量は温度に限られることはなく、磁場、レーザー照射タイミング、応力ひずみなど、実験者が必要とする情報、ありとあらゆるものを取り込む事が可能である。こうして収集された多次元データから、実験者が見たいスライスの μ SR 時間スペクトルをオンデマンド、リアルタイムで構成、可視化するものがトランジェント μ SR 測定である。おそらくその行き着く先では、実験者の頭による理解を超える速さで大量の多次元データが生み出されるであろう。大量の多次元データから何が注目すべきものかを機械学習により抽出しようとする取り組みもすでに始まっている[5]。SFのような世界はもうすぐそこまで来ているのである。

1. M. Ohta et al., JPS Conf. Ser. 33, 011053 (2021).
2. K. Ohishi et al., ACS Applied Energy Materials 5 (10), 12538-12544 (2022).
3. K. Ohishi et al., ACS Applied Energy Materials 6 (15), 8111-8119 (2023).
4. S. Nishimura et al., Nuclear Inst. Methods A 1056, 168669 (2023).
5. T. Tula et al., J. Phys.: Condens. Matter 33 194002 (2021).