

第8回強磁場フォーラム三浦奨励賞を受賞して

国際超強磁場科学研究施設 中村 大輔

このたび、強磁場フォーラム総会において、「第8回強磁場フォーラム三浦奨励賞（以下、三浦賞）」を受賞致しました。嶽山正二郎教授をはじめとして、協力して研究に携わった強磁場施設の破壊型マグネットグループのスタッフおよび学生の皆様など、沢山の方々に、この場を借りて改めて感謝申し上げます。なぜ私が三浦賞を受賞したのか、誰もご存じないと思いますので、本稿にて簡単にご紹介させていただきます。「破壊型超強磁場環境下での基盤実験技術の開拓と物性研究への適用」という応募研究課題について、嶽山教授から三浦賞へのご推薦をいただきました。

私が嶽山研究室の助教として物性研に着任してから5年半が経ちました。物性研に来た当初は、破壊型超強磁場の何たるかをまだ分かっていなかったため、自分はこの領域で何をすべきか？ということを考えました。施設スタッフの立場として超強磁場下で物性研究を開拓するには、将来にわたって施設ユーザーの研究が円滑、高精度に実施できる土台を築きつつ、推進することが重要であると、自分なりに解釈しました。超強磁場実験環境は極めて過酷であるため、そこでの土台作りは長いスパンでの地道な努力が必要で、5～10年間に現場の最前線で過ごす助教レベルでないとなかなか手が出せません。その土台としては、超強磁場を(1)作る、(2)測る、(3)利用する、のトピックスに分けられるかと思えます。各項目における進展に関して、以下でご説明します。

(1) 電磁濃縮過程の数値シミュレーションを改良し、実験で得た磁場の詳細な空間分布と比較して、電磁濃縮法における磁場波形を精度よく再現することに成功しました[1]。これまで電磁濃縮法でのマグネットコイル開発は、経験に基づく勘と手探りの要素が大きかったのですが、磁束濃縮プロセスを勘に頼らず推測できるようになり、マグネットコイルの開発効率が格段に進展しました。超強磁場中での物性測定を行う上で重要な要因は、発生磁場の空間的均一性です。例えば補償コイルを用いる磁化測定には、小さな空間内に発生する超強磁場の高い空間的均一性が求められます。この点に関して、電磁濃縮マグネットコイル中のライナーの収縮形状が材質や密度、比熱の関数として変わることに着目し、ライナーの材質を真鍮にすることに

よって発生磁場の空間的均一性が良くなることを計算結果から予想し、実験によって確かめることができました。

(2) 発生した磁場の値の信頼性もまた、物性研究を行う上で非常に重要です。破壊型の磁場発生方法は電磁濃縮法 (<730 テスラ)に限らず、爆薬 (>1000 テスラ)やレーザー (~4000 テスラ)による磁束濃縮といった手法がありますが、常に問題となるのは、「その磁場は正しいか？」という点です。これに関してユーザーからの信頼が得られない以上、超強磁場科学の発展はありえません。私は、光学ガラスの反磁性によるファラデー回転効果を利用して、従来型のピックアップコイルで計測された磁場強度との比較を行いました (図 1)。その結果、ピックアップコイルでの計測に関して、磁場発生空間から計測室までの信号ラインによる高周波成分のロスが最大で 10%程度存在することを明らかにし、その補正式を導出することに成功しました[2]。これは今までの電磁濃縮実験では無視されてきた部分であり、私の研究により初めて電磁濃縮実験で正確な磁場値を計測する手法を確立したと言えます。この補正式により電磁濃縮装置を用いた物性測定結果の定量的な分析が可能になりました。単層カーボンナノチューブの励起子吸収ピークが Aharonov-Bohm 効果によって 370 テスラの超強磁場下で分裂する様子から、150 テスラ以上で初めて顕著になる K、K'点での独立な励起子準位の分裂の大きさを評価しました[3]。

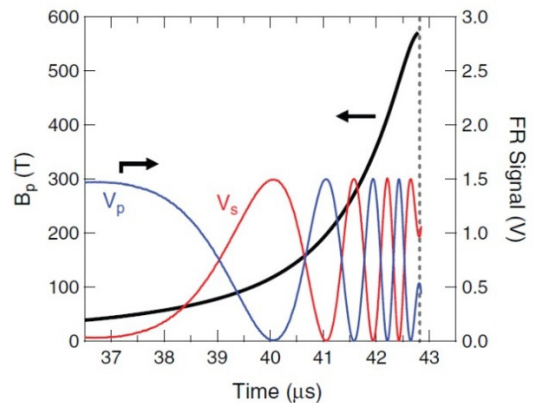


図 1: ピックアップコイルにより計測された磁場波形(黒線)と、ファラデー回転法により計測された s, p-偏光の強度の時間変化(赤、青線)。

(3) 1000 テスラ超強磁場発生装置を極低温での物性測定に供するためには、磁束濃縮過程の最終段階で収縮するライナーよりも小さい径のクライオスタットの開発が必須です。そのため、私は現状より小径のクライオスタットの開発に取り組みました。その結果、小径一巻きコイル(内径 8mm)との併用によって、いくつかのスピン系物質 ($\text{SrCr}_9\text{Ga}_3\text{O}_{19}$, $\text{K}_2\text{Mn}_3(\text{OH})_2(\text{VO}_4)_2$ など)について 210 テスラ、5K での物性測定を行うことに成功しました。準非破壊型の一巻きコイル法ではこれまで 190 テスラが物性測定の限界でしたが、世界で初めて 200 テスラ超の領域で、試料を破壊せずに物性研究を行えるようになりました。更に、この新クライオスタットをベースとして、磁場の空間的不均一性の影響を受けにくい同軸型の磁化測定プローブの開発にも着手しており、量子スピン系物質の強磁場物性研究の共同利用に現在供しています。

このように、超強磁場科学の推進には、磁場を「そこにあるもの」として単に利用するだけでない、より広い視野が常に必要とされます。私の着任と同時に、文科省の大型 1000 テスラ超強磁場の開発プロジェクトが開始し、これまでこの新型装置の立ち上げに携わってきました。米国製造元との技術的・交渉でのサポートを通じて、超強磁場発生装置を新しく作り上げることの重要性和難しさを、現在痛感しています。今後はこれまで築いてきた土台を活かして、強磁場物性物理の展開に貢献したいと考えています。

参考文献

- [1] [D. Nakamura et al.](#), Rev. Sci. Instr. **85**, 036102 (2014).
- [2] [D. Nakamura et al.](#), Rev. Sci. Instr. **84**, 044702 (2013).
- [3] [D. Nakamura et al.](#), Phys. Rev. B **91**, 235427 (2015).

