

MERIT インターンシップ（国内）報告書

工学系研究科物理工学専攻
十倉・上田研究室 博士 3 年
MERIT10 期生
福田 光

【実施期間】

2024 年 7 月 1 日（月）～2024 年 8 月 2 日（金）

【受け入れ先】

理化学研究所 創発物性科学研究センター統合物性科学研究プログラム
藤代有絵子 理研 ECL 研究ユニットリーダー

【研究課題名】

超高压下におけるカイラルスピン液体の探索・測定

【実施内容】

相互作用が競合するフラストレーション系は非自明な基底状態が発現することがあり、その量子臨界的な振る舞いが盛んに研究されている。特に、圧力の印加は物質を不純物等で汚染することなく相互作用を変化させられる数少ない手法であるため重宝されている。しかしながら、十分な物性パラメーターを変化させるために必要となる圧力は、しばしば市販のピストンシリンダー型圧力セルの限界である 3 GPa を上回り、量子臨界点近傍の詳細な振る舞いを調べることは困難であることが多い。

本インターンシップの受け入れ先である藤代有絵子ユニットリーダーは、ダイヤモンドアンビルセルを用いた 30 GPa 越の超高压・低温・磁場下での抵抗測定手法を確立しており、本インターンシップでは藤代有絵子ユニットリーダーのご指導の下ダイヤモンドアンビルセルを用いた超高压測定の研究を行った。

本インターンシップの研究対象とした物質は、パイロクロア型 $\text{Eu}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$ である。本系は $S=1/2$ の局在量子スピンの影響下で電子が運動する、フラストレーション磁性と電気伝導のミニマムなモデルであり、これまでの研究から 7 GPa 以上の超高压下において非フェルミ液体的振る舞いを示すことが知られている。以上の先行研究は全てゼロ

磁場下で行われたものであるが、小型ダイヤモンドアンビルセルを用いることで磁場の印加が可能となれば、量子臨界点由来の新奇量子輸送現象が観測できる可能性がある。

本インターンシップでは、ダイヤモンドアンビルセルの技術習得とそれによるホール効果測定に取り組んだ。その際、いくつかの技術的改善点があったので、そちらも報告する。今回測定する酸化物試料は金属試料と異なりスポット溶接機などでの微細端子付けが不可能である。そのため、良質な電極を作成することが課題となる。電極箇所金蒸着を行うことで、100 k Ω 程度の接触抵抗を 100 Ω 程度に抑えられることが判明した。また、蒸着膜を剥がれにくくするために電極面をあえて粗く（30 μ m 程度）研磨することが重要と判明した。

電極は蒸着後に不要部分を除去することで作成したが、その際フェムト秒レーザーを用いることで、サンプルを傷めることなく電極のパターニングが出来ることを発見した。

以上の手法で作成した電極付きサンプルをダイヤモンドアンビルセル内に封入し、電気抵抗・ホール効果を測定した（図 1. (a)）。低圧領域ではピストンシリンダーによる測定結果を良く再現し、上記の手法で測定が問題なく行えることが確認できた（図 1. (b), (c)）。ホール効果の温度-圧力相図を作成したところ、強磁性転移点(FM 相と PM 相の境界、 $P < 2$ GPa)と量子臨界点（ ~ 7 GPa）の付近において正負逆の極大的振る舞いを示し、熱および量子ゆらぎによるトポロジカルホール効果を示唆する結果を得た（図 2）。そのような新しいタイプのトポロジカルホール効果の実現可能性や検証方法について議論を行った。

また、本インターンシップで習得した酸化物試料の超高压測定技術を活用して、様々な量子臨界現象および物性探索に取り組んでいく。

【謝辞】

本インターンシップでご指導いただいた理化学研究所の藤代有絵子ユニットリーダーならびに強相関物性研究グループの皆様、インターンシップの実行をご快諾していただいた指導教員の十倉先生に心より感謝を申し上げます。最後に、貴重なインターンシップの機会を提供して下さった MERIT プログラムにも感謝いたします。

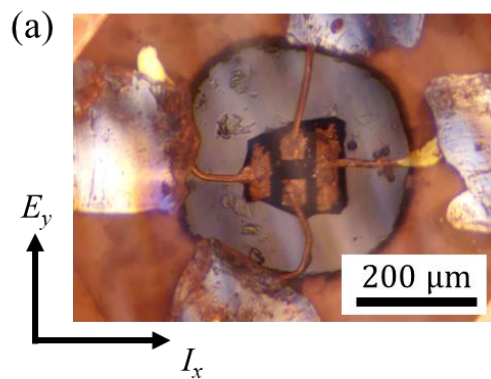
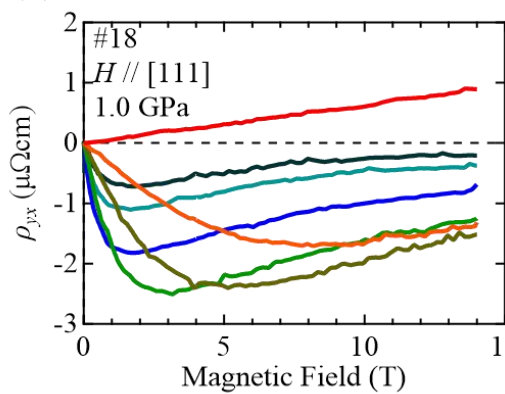


図 1. (a)測定セットアップ。(b)ピストンシリンドー、(c)ダイヤモンドアンビルセルでの測定結果。

(b) Piston cylinder



(c) Diamond anvil cell

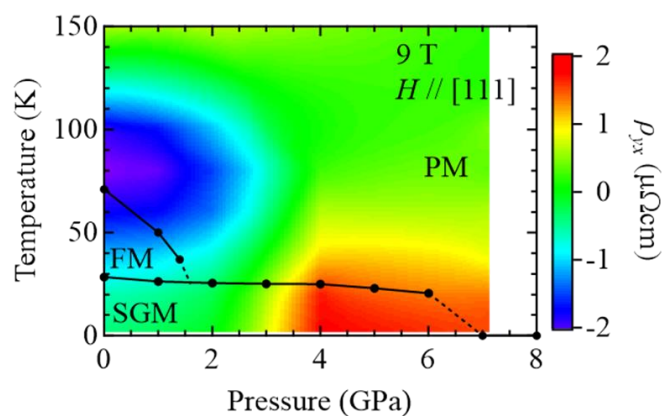
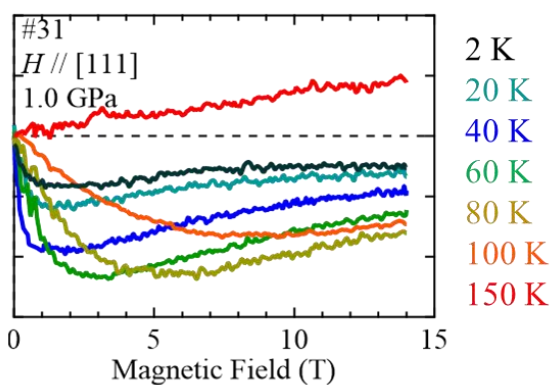


図 2. ホール効果の温度-圧力相図。FM, SGM, PM はそれぞれ強磁性金属相、スピングラス金属相、常磁性金属相を表す。