

J-Physics 国際会議において“Best Poster Award” を受賞して

瀧川研究室 博士課程3年 谷口 貴紀

この度、八幡平で行われた J-Physics 国際会議にて “Best Poster Award”を受賞する機会に恵まれました。受賞対象となった研究題目は、“The observation of the field induced transition in PrTi₂Al₂₀”です。J-Physics は多極子伝導系の物理に関する新学術領域であり、本会議は J-Physics が主催した国際会議です。本研究を行うにあたり、たくさんの共同研究者の方々にお世話になりました。まず、辻本真規様、永岡靖浩様、酒井明人様、松本洋介様、中辻知先生に非常に純度の高い単結晶試料を提供して頂きました。磁化測定では、中村翔太様、榊原俊郎先生に大変お世話になりました。理論では、首都大学東京の服部一匡准教授に懇切丁寧に教えて頂きました。この研究は、共同研究者の方々の貢献がどれひとつ欠けても成し遂げられませんでした。共同研究者の皆様に、この場をお借りして深く感謝申し上げます。以下に本研究について簡単に述べさせていただきます。

重い電子系において、反強磁性スピン揺らぎの枠組みにおいて、量子臨界現象の定性的な理解が進んでいます。この系は、伝導電子を介した反強的な局在磁気双極子間相互作用 (RKKY 相互作用) と双極子を伝導電子が遮蔽する相互作用 (近藤効果) が競合しています。両者の競合が起源で、多様な長距離秩序、重い電子状態、非フェルミ液体状態、重い電子超伝導状態などが引き起こされます。一方、*f* 電子は大きな角運動量を持つので、ある条件が揃えば磁気双極子よりも高次のテンソルである多極子モーメントの物性が現れることが知られています。それでは、スピン(双極子)の次に高次である四極子は、重い電子系の局在スピンの置き換えることはできるのでしょうか。これは、実は理論的にも実験的にも未だ未解明の興味深い問題です。この問いの答えとして重要となるのは、伝導電子を介した四極子間相互作用の理解です。従来の四極子に関する実験的研究では、CeB₆ のように磁気双極子の自由度を持つため、ハミルトニアンが複雑になることが問題でした。2010 年以降、物質開発の進展により、*4f*² 配置を取る非クラマース系 Pr₁₋₂-20 系において、非磁性で四極子秩序状態を持つ物質群が見出されました。特に PrTi₂Al₂₀ はこの物質群で唯一の強四極子秩序相が発現しているため、シンプルな四極子間相互作用を研究する上で非常に適した系です。

このような背景から、私たちは四極子間相互作用と磁場との関係と多重極環境でマイクロに四極子を検出手法の開発を目指しました。そこで私たちは局所磁場・電場勾配を通して微視的に電子の状態を観測することのできる核磁気共鳴法(NMR)に注目しました。PrTi₂Al₂₀は、Prの周りをAlの籠が囲っている構造です。四極子転移によってPrの4*f*電子が作る局所磁場・電場勾配もその対称性に従って変化するので、周りのAlサイトのNMRはPrの4*f*電子の四極子秩序検出の強力なプローブになると私たちは考えました。

磁場を<111>方向に印加した場合、結晶構造に由来する3回回転対称性の破れの微視的観測に成功しました。さらに、磁場を<100>方向に印加すると、これまで単一相と考えられてきた四極子秩序相内で磁場誘起相転移を発見しました。この磁場誘起相転移の起源は、磁場に依存した四極子間相互作用と Zeeman 相互作用の競合です。これまでは、四極子間相互作用に磁場の影響は考えられてこなかったのですが、今回、初めてその存在と重要性が明らかになりました。

以上が受賞対象となった研究の概要です。今後は新たな理論モデルの検証と、その理論から導かれる四極子間相互作用における伝導電子の役割を理解することが重要と考えられます。また、高圧における重い電子超伝導相と PrV₂Al₂₀ の測定も行う予定で、伝導電子と四極子が奏でる豊かな物理の発見が期待されます。最後になりますが、一から私に物理を指南して下さいました指導教官の瀧川先生に御礼を申し上げます。



授賞式の様子