

2nd International Symposium on Trans-Scale Quantum Science Poster Award を受賞して

極限コヒーレント光科学研究センター 松永研究室 学振特別研究員(PD) 松田 拓也

この度、2022年11月に開催された2nd International Symposium on Trans-Scale Quantum Scienceにてポスター賞を受賞いたしました。本賞は非専門家に対しても研究内容をわかりやすく紹介できる優秀な発表を行った若手研究者を表彰するものであり、主催団体の一つであるトランススケール量子科学国際連携研究機構より授与されました。このような栄えある賞を同研究室所属の室谷悠太研究員と共にいただくことができ、この上なく嬉しい限りです。受賞対象となった研究は「Extreme nonequilibrium states in strongly-correlated Weyl antiferromagnet studied by terahertz spectroscopy(テラヘルツ分光による強相関ワイル反強磁性体における極端非平衡状態の研究)」です。2018年に物性研に着任して以来、一貫してMn₃Snの電磁応答とその非平衡ダイナミクスをテラヘルツ分光法によって明らかにしてきました。以下、研究背景と内容について紹介いたします。

2015年に中辻教授らの開発したMn₃Snという物質は反強磁性体であるにも関わらず巨大な異常ホール効果を室温で示すことで近年大きな注目を集めています [1]。2017年に磁気ワイル粒子が発見されたことでワイル磁性体とも呼ばれており、また、電子間に強い多体相関が働く系としても知られています [2]。テラヘルツ波の透過測定を行うためには大面積薄膜試料が必要ですが、2018年にバルクに匹敵する巨大応答を示す大面積Mn₃Sn薄膜試料が開発されました [3]。これに時宜を得てテラヘルツ帯におけるMn₃Sn薄膜の電磁応答を調べる研究を、2018年着任後すぐスタートすることができました。異常ホール効果を示す試料に電磁波を照射すると、透過波の偏光回転現象として観測されます。そのため偏光分解テラヘルツ時間領域分光計測システムを構築してテラヘルツ帯におけるMn₃Sn薄膜の異常ホール効果を調べました。厚み50nmのMn₃Sn薄膜のテラヘルツ偏光回転を6THzの広帯域に渡って調べたところ数THzの帯域で4mradの偏光回転角が観測され、その帯域ではほぼ無散逸な電流が生じていることがわかりました。この結果から、サブピコ秒の時間分解能で異常ホール効果の非平衡ダイナミクスを調べる実験が可能であることが明らかとなりました [4]。

さて、本研究では高強度超短パルスレーザーをMn₃Sn薄膜に照射することで非平衡状態を作り、テラヘルツ波パルスによってホール伝導度スペクトルを時間分解計測する、ポンププローブ測定を磁場中で行いました。励起密度0.5mJcm⁻²のポンプ光を照射した直後100fs以内で異常ホール効果が減少する振る舞いを確認しました。これは電子分布関数が急激に変化することによる内因性異常ホール効果の超高速変化として説明できることを明らかにしました [5]。さらに励起密度を上げていくと、ある閾値を超えたところから異常ホール効果が減少するだけでなく、サイクロトロン共鳴が現れることを発見しました。これは平衡状態と比べて、キャリアの輸送特性が劇的に変化したことを意味しています。本研究の結果は、高密度光励起されたキャリアによって強相関効果が遮蔽されることでバンド構造そのものが大きく変化した結果、ワイル粒子の性質が顕在化したことを示唆しています。本成果は、極端非平衡状態における量子多体系のバンド構造変化を時間分解ホール伝導度測定から明らかにしたものであり、今後様々な強相関電子系の隠れた性質を探る手法を開拓した結果であると考えられます。

本研究は、東京大学の松永隆佑准教授、中辻知教授、島野亮教授、肥後友也特任准教授、神田夏輝助教、吉川尚孝助教、平井誉主在氏、松尾拓海氏、Hanyi Peng氏との共同研究です。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

- [1] S. Nakatsuji et al., Nature 527, 212 (2015).
- [2] K. Kuroda et al., Nat. Mater. 16, 1090 (2017).
- [3] T. Higo et al., Appl. Phys. Lett. 113, 202402 (2018).
- [4] T. Matsuda et al., Nat. Commun. 11, 909 (2020).
- [5] T. Matsuda et al., arXiv: 2206.06627.



左側は室谷研究員。右側筆者。