

MERIT インターンシップ（国内）報告書

理学系研究科物理学専攻 博士課程1年

MERIT 9期生 鈴木裕太

実施期間

2021/9/6~10/6, 10/8~10/15

受入れ先（担当者）

分子科学研究所（山本浩史氏），京都大学基礎物理学研究所（佐藤昌利氏）

概要

上記の二つの研究機関（以下では分子研，基研と略す）において，それぞれ

- (1) キラル物質に特有なスピン輸送現象の議論
- (2) ゼナートンネリングに伴うスピン流の理論の3次元系への一般化

に取り組んだ。

前半（9/6~9/15）の分子研インターンシップでは，(1)の分野における国内の研究拠点の一つである山本グループと議論を交わした。当初は現地開催の予定だったが，感染症予防の観点からオンライン形式に変更した。

また後半（9/15~10/15）の基研インターンシップではテーマ(2)について，基研凝縮系および京大理学系研究科の凝縮系理論グループとの議論を通じて研究を進めた。こちらは2021年度限定のビジター制度を利用して現地に滞在した。

研究内容 分子研，基研のそれぞれについて述べる。

【分子研】

鏡像と本体とが重なりあわないキラルな物質には，特有なスピン輸送現象が対称性から許される。例えば，磁気的な性質のない系からも電子の流れる方向と平行なスピン偏極成分の生じる，キラル誘起スピン選択性という効果が実験的に知られている。

最近では，キラル金属結晶においてもこの効果が線形領域で報告されている。しかし，(i) 素朴にはこの効果は電流誘起磁化現象と考えられるが，その応答の大きさが期待されるオーダーよりも桁外れに大きいこと，(ii) 数 μm のスケールで非局所な応答が現れること，の原因・微視的機構は未解明のまま残されている。

山本グループとの議論では，現象論的なモデルから(i)，(ii)を説明することを試みた。これに対して同研究所教授の山本浩史氏，また同助教の広部大地氏，佐藤拓朗氏から具体的な指摘を受け，モデルの修正点すべき点が明らかとなった。

また同研究所助教の下出敦夫氏とも議論を行い，同氏の提案したキラル誘起スピン選択性の理論，および後述する(2)の内容について意見を交わした。

【基研】

散逸の無視できるような理想的な絶縁体に強電場をかけると、ゼナートンネリングとして知られるバンド間非断熱遷移が生じる。近年、このトンネル確率の大きさには、波動関数の幾何学的な性質に由来した補正がかかることが知られている。この補正まで考慮すると、バンド分散がスピンについて縮退した PT 対称な絶縁体であってもトンネル過程はスピンに依存し、一般にスピン流成分の発生することが導かれる。

滞在期間には、スピンが良い量子数となる 1 次元系に対して得られた上の結果を、より一般の 2, 3 次元系へと拡張する研究を進めた。これにはシフトベクトルという Berry 接続から構成される幾何学的な量が、結晶の対称性を反映してどのような性質をもつかが重要となる。

滞在中には、基研でのフォーマルなセミナー発表および同研究所助教の塩崎謙氏との議論、また京大理学系研究科教授の柳瀬陽一氏、同助教の大同暁人氏との議論を行い、上記のテーマについての意見を集めた。特に、シフト電流の理論との類似から受けた提案は、今後の研究に反映させていきたい。

所感

京大基研での 1 ヶ月間の滞在中を通じて、多くの研究者と知り合うことができた。滞在中に前後して緊急事態宣言が解除されたおかげか、研究所全体には対面・オンラインを織り混ぜた議論や交流が活発な印象があった。ビジターには一貫して寛大な雰囲気があり、割り当てられた部屋や机も広く、研究活動に快適な環境であった。凝縮系のセミナーや journal club にも気兼ねなく参加し、大いに刺激を受けた。夕方や休日には登山にも誘われ、大文字山や比叡山に登るなど充実した滞在期間を送ることができた。

分子研については、オンライン形式に変更した際に延期した共同利用計画を 11 月に再実施する予定である。同月の現地訪問を楽しみにしている。

謝辞

このたび多くの研究者と知り合い、充実したインターンシップとなりました。受け入れを快諾してくださり、それぞれ分子研、基研の共同利用制度の申請を勧めていただきました山本浩史先生、佐藤昌利先生、また、貴重なお時間をいただき議論にご参加いただきました分子研の広部大地先生、佐藤拓朗先生、下出敦夫先生、基研の塩崎謙先生、京大理学系研究科の柳瀬陽一先生、大同暁人先生に深く感謝申し上げます。特に、基研滞在中の研究活動および生活の充実を図ってくださった塩崎謙先生には大変お世話になりました。また、本インターンシップの実施を承諾いただき、山本先生と佐藤先生をご紹介くださった指導教員の加藤雄介先生と副指導教員の齊藤英治先生、最後にこのような機会を与えてくださった MERIT プログラム、旅費手続きをしてくださった MERIT 事務局の浅野様に深く御礼申し上げます。