

客員所員を経験して

愛媛大学 大学院理工学研究科 中村 正明

私は 2016 年 10 月から半年間、物性研で客員所員をさせていただきました。

物性研は私にとって、以前からなじみ深いところで、博士号取得直後の 2 年余りの間、ポスドク (COE 研究員) として、当時の高橋實研究室に在籍させていただき、研究者としてのキャリアをスタートさせたところでありました。ちょうど柏に移転する直前の六本木時代で、都心の研究所という今ではあまり見られなくなった環境で貴重な時間を過ごすことができ、業績を積むことができました。その後も、高橋研、押川研にはセミナーに参加させていただいたり、研究室のメンバーと議論させていただいたり、共同研究をするなど、大変お世話になっておりました。

その後、東京理科大、東工大などを経て、2015 年秋から、現在の愛媛大学に着任しましたが、ちょうど地方大学の研究環境が厳しくなりつつあり、2016 年度から運営費は大幅に削減され、学内のスタートアップ予算なども取得が困難になる状況でしたので、交通費だけでなく、研究予算もつけていただいている客員所員の制度は大変助けになりました。また、地方にいと疎くなりがちな情報も取り入れることができたことも大きいです。月に 1~2 度ほど訪問させていただき、議論させていただくことができました。

客員所員の受け入れ先である押川研究室では、トポロジカル絶縁体や低次元強相関係の研究を中心に議論をさせていただきました。トポロジカル絶縁体とはスピン軌道相互作用により試料の端にギャップレス状態が生じる絶縁体で、現在盛んに研究されているテーマですが、2005 年に Kane と Mele によって予言され、2009 年に量子化された縦抵抗率の測定により、その存在が確認できたといういきさつがあります。私は系がトポロジカル絶縁体であるか、それとも通常の絶縁体であるかを輸送係数の直接の測定をせずに、非接触型の実験手段で検出できる方法はないかと考え、その一つとして、電子スピン共鳴 (ESR) による動的スピン磁化率の測定が使えるかということで、主にそれについて議論させていただきました。押川教授はスピン系の ESR に関して有名な研究をされており、議論させていただくには最良の環境にありました。

ESR とは固体中の電子のスピンを磁場でゼーマン分裂させ、それに対して垂直方向にかけた振動磁場の吸収率から系の情報を知る手段で、吸収率は理論的には動的スピン磁化率と対応付けられます。通常、この実験手法は磁性体など局在スピン系に対して用いられますが、遍歴電子系に応用した場合にどうなるかについて考え、その対象としてスピン軌道相互作用のある 2 次元電子系がトポロジカル相にあるか否かについての判定に使えるのではないかと考えました。遍歴電子系では、局在電子と異なり、電子の軌道運動が何らかの余計な寄与を与えるのではないかとナイーブには予測されますが、少なくとも 2 次元系に限定すると、面内での運動はランダウ量子化されるのに対し、面に垂直な運動は存在しないので、横磁場による軌道運動の変化は起こらず、遍歴電子系の場合の議論がそのまま使えることがわかります。

そこで、トポロジカル絶縁体を記述する Kane-Mele 模型 (グラフェン型の蜂の巣格子にスピン軌道相互作用を加えた 2 次元電子模型) において、磁場下での ESR スペクトルを計算したところ、エネルギー分散がディラック的であるため、正負のエネルギー領域にランダウ準位が形成されて、その指標 n の絶対値が同じランダウ準位間でしか遷移が起きないことがわかりました。また、エネルギーギャップのあるディラック分散をもつ系に特徴的な $n=0$ のランダウ準位の配置がトポロジカル相であるか否かで異なったものになるのですが、その配置の違いが $n=0$ に対応する吸収ピークの有無として反映されることから、それによってトポロジカル相か否かが判定できることがわかりました。これはまだ実験的には確認されていませんが、未知のトポロジカル絶縁体を解析するのに有用な手段となるのではないかと考えています。また、同様の計算を HgTl などのより現実的なトポロジカル絶縁体を記述する 2 次元模型である Bernevig-Hughes-Zhang (BHZ) 模型や、Rashba 型スピン軌道相互作用のある系へも拡張しました。さらに、3 次元トポロジカル絶縁体やワイル半金属にも応用できないか検討中です。

これ以外にも、物性研 2 次元フラストレートしたハバード模型の厳密基底状態を構成する問題、また、Lieb-

Schultz-Mattis 定理で登場する偏極演算子に関する研究についても議論させていただき、研究を進めています。

また、任期終了間際の3月末には、客員所員で頂いた予算で、ドイツのドレスデンにあるマックス・プランク研究所での研究会 DYNPRO17(Dynamical Probes for Exotic States of Matter)に参加させていただきました。そこでいろいろな方々と議論ができ、そこから、また新たな研究テーマが生まれ、研究が進展しつつあります。

最後に、客員所員として受け入れていただいた押川教授、また議論していただいた押川研の皆様方、出張手続きでお世話いただいた5階の秘書の方々や共同利用係の方々に改めて感謝したいと思います。

