「日本物理学会(領域 8)学生優秀発表賞」を受賞して

廣井研究室 博士課程 1 年　　池野辺 寿弥

この度、2023 年日本物理学会(領域 8)学生優秀発表賞を受賞しました。この賞は日本物理学会大会における大学院生又は学生会員の優秀な学会発表に対して授与されます。数多くの研究が行われている中で、このような栄えある賞を賜り、大変光栄に思います。

受賞対象となった口頭発表題目は「ノーダルライン半金属 NaAlSi における表面超伝導の検証」です。超伝導は転移温度以下で電気抵抗がゼロになる現象です。この性質により発熱の問題なく大きな磁場を発生できるので、MRI やリニアモーターカーなどに実用化されています。これまで超伝導は、結晶全体が 1 つの超伝導状態を示す系が研究されてきました。一方、近年トポロジーという観点から結晶表面だけ異なる電子状態をとる物質の存在が明らかになっています。内部(バルク)が絶縁体、表面が金属であるトポロジカル絶縁体がその代表的な例です。この類推から表面状態が自発的に超伝導を発現する「表面超伝導」が理論的に予測されていましたが、これを明確に実現する物質は発見されていませんでした。

本研究では、理論的にバルクが半金属、表面が金属であると指摘されているノーダルライン半金属 NaAlSi に着目し、電気抵抗測定と磁気トルク測定を行った結果、バルク超伝導と共存する表面超伝導の兆候を観測することに成功しました。さらに観測した表面超伝導は、バルク超伝導よりも磁場に対して壊れにくい性質を有していることも明らかになりました。

折角の機会ですので、以下に本成果が得られるまでの経緯を記します。ご参考になれば幸いです。本研究は修士 1 年で廣井研に入った際に、「NaAlSi に表面超伝導がありそうだから検証してみたら」と廣井先生に勧められたのが始まりでした。超伝導体が大好きな私はウキウキで研究に取り組んだのを覚えています。最初は結晶側面に表面超伝導があると信じて検証を試みました。すぐに奇妙なデータが得られ、それを M1 秋に日本物理学会で口頭発表できました。俺すごっ、と思いましたが、結局データが変すぎて解釈できませんでした。

次に結晶上面の表面超伝導を検証することにしました。すぐに面白そうなデータを観測しましたが、再現性が取れない問題に直面します。徹夜で 16 個測定して全滅した朝、測定後の泡を吹いた結晶が朝日に照らされて輝く姿をボーっと眺めてる時間は、昨年の絶望オブザイヤーです。

その後、「NaAlSi は一旦諦めよう」と廣井先生に告げられました。先生が凄いのは、代わりに別の候補物質 KMgBi を提示してくれた事です。私はフリスビーを投げられた犬のように直ぐ KMgBi に飛びつきました。結果として KMgBi に表面超伝導は無かったのですが、この時の測定で学んだ電流値依存性などを NaAlSi の実験に取り入れる事で、実験の再現性が向上し、表面超伝導の兆候を観測できるようになりました。このように紆余曲折を経て本成果に辿り着きました。本記事が研究に絶望している学生さんにとって少しでも参考になりましたら大変幸いです。修士 2 年間、様々なデータを取り続けて、それを基に廣井先生と議論する時間が大変楽しかったです。博士課程では私が発想した物質で様々な方々を巻き込んで成果を出せるよう精進致します。

本研究は廣井善二教授、東北大多元研の山田高広教授、廣井研元助教の平井大悟郎さん、岡本佳比古教授、X 線室元助教の矢島健さん、NIMS の宇治進也特別研究員、鴻池貴子主任研究員、服部裕也研究員、寺嶋太一グループリーダーなどの多くの方々のお力添えのおかげです。この場を借りて感謝申し上げます。