

第 17 回物性科学領域横断研究会 最優秀若手奨励賞を受賞して

物性理論研究部門 押川研究室 修士課程 1 年 福嶋 拓海

この度、第 17 回物性科学領域横断研究会にてポスター発表を行い、最優秀若手奨励賞を受賞いたしました。この賞は、物性物理の将来を担う若手研究者の研究を奨励し、今後の発展研究への動機付けと物性科学の 5~10 年後のさらなる活況に貢献する人材育成の一助とすることを目的とした賞です。数多くの研究の中で、このような栄えある賞を賜り、大変光栄に思います。受賞対象となった研究は「準結晶超伝導体における超伝導電流分布」です。以下で、内容を簡単にご紹介させていただきます。

物質には大きく分けて結晶とアモルファスという固体状態があります。結晶は原子や分子が規則的(周期的)に並んだ構造を持ち、アモルファスは結晶とは正反対のランダムな構造を持ちます。このような構造の違いが物質の性質に大きな影響を与えることはよく知られています。ところが、物質にはもう一つの固体状態があり、それが「準結晶」です。準結晶は結晶とは異なって周期的な構造を持ちませんが、アモルファスとも異なってある種の規則性を持ちます。このような不思議な構造を持つ準結晶が本研究の舞台です。

2018 年に準結晶の合金系でバルクの超伝導が初めて報告されて以来、準結晶の超伝導特性にさらなる注目が集まっています。ここで超伝導とは、ある転移温度以下で電気抵抗がゼロになる現象です。そのような性質を示す状態の物質(超伝導体)に対して磁場を印加すると、Meissner 効果で知られるように物質表面に磁場を遮蔽する電流が現れ、これを一般に超伝導電流と呼びます。先行研究によると、並進対称性(構造の規則性)の欠如に起因する超伝導秩序変数の非一様な空間分布や弱結合領域における有限重心運動量を持つ Cooper 対の存在が指摘されています。しかし、このような超伝導状態の電磁応答と準結晶の幾何学的構造の間の関連性は未解明です。

そこで、私たちは超伝導電流の実空間分布を通して、準結晶超伝導体の磁場に対する応答特性の理解を試みました。具体的には、面内に印加される一様なベクトルポテンシャルの下で、その応答として現れる局所超伝導電流とその常磁性・反磁性成分の実空間分布を解析しました。8 回対称性を持つ Ammann-Beenker (AB) 構造上で引力

Hubbard 模型を導入して、Bogoliubov-de Gennes 方程式の数値計算を行いました。ポスター発表では、始めに AB 構造における局所電流の非一様な実空間分布を示し、これの(1)フィリング、(2)温度、(3)ベクトルポテンシャルの印加角依存性を紹介しました。これらを通して、この構造における電流分布の特徴が常磁性成分に現れることを説明し、さらに、AB 構造で確認された非一様な電流分布が 5 回対称性を持つ Penrose 構造上でも確認できることを解説しました。今回の結果は準結晶超伝導体の特性を理解するための第一歩であり、これらを発展させて準結晶に特有の物性が予言できれば大変興味深いと考えています。

本研究は、竹森那由多特任准教授(大阪大学)、酒井志朗上級研究員(理研)、市岡優典教授(岡山大学)、Anuradha Jagannathan 教授(Université Paris-Saclay)らとの共同研究によるものです。研究のきっかけは、私が岡山大学理学部物理学科に在学時の卒業研究です。思い返すと最初の頃は勉強することが山のようにあり、先生方との議論についていけず、苦しくもどかしい思いもしました。また、恥ずかしながら私のマイペースな性格のために、おそらく先生方の思うような結果を出せない時もあったと思います。それでも粘り強く指導していただいたおかげで、このように一つの成果をあげられたと思います。また、この経験がきっかけとなり、物性研究に興味を持つことができました。この場を借りて深く感謝を申し上げます。今後はさらに研究に励み、押川研究室でのテーマも同様に発展させていきたいと思っています。

参考文献

- [1] T. Fukushima, N. Takemori, S. Sakai, M. Ichioka, and A. Jagannathan, *J. Phys.: Conf. Ser.* **2461**, 012014 (2023).
- [2] T. Fukushima, N. Takemori, S. Sakai, M. Ichioka, and A. Jagannathan, *Phys. Rev. Res.* **5**, 043164 (2023).

