

# 準結晶超伝導体における超伝導電流分布

東京大学 大学院理学系研究科 物理学専攻 修士課程1年  
物性研究所 物性理論研究部門 押川研究室  
福嶋 拓海

## Supercurrent Distribution on Superconducting Quasicrystals

Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo,  
Takumi Fukushima

email: tfukushima@issp.u-tokyo.ac.jp

2018年にAl-Mg-Zn系で準結晶のバルク超伝導が初めて報告されて以来<sup>[1]</sup>、準結晶の超伝導特性にさらなる注目が集まっている。さらに本年7月には、van der Waals layered Ta-Te系でも超伝導の発現が確認された<sup>[2]</sup>。理論的には、並進対称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対の存在が理論的に指摘されている<sup>[3]</sup>。このような超伝導状態の電磁応答と系の幾何学的構造の間の関連性は未解明である。

Meissner効果で知られるように、超伝導体に対して外部磁場を印加するとその表面に遮蔽電流が現れ、これを一般に超伝導電流と呼ぶ。我々はこの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た。我々の興味とは独立に、既に指摘されている常磁性成分の異常<sup>[4]</sup>が電流分布においてどのように現れるかは非自明であり、超伝導状態が局所構造に依存することからも平均化された電流による議論は十分ではない。

本研究では面内に平行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  $J_{j \rightarrow i}$  の実空間分布を解析した。8回回転対称性を持つAmmann-Beenker (AB) 構造上で引力Hubbard模型を導入し、Bogoliubov-de Gennes (BdG) 方程式の数値計算を行った。BdG方程式の固有値と固有関数を用いて局所超伝導電流  $J_{j \rightarrow i}$  を定式化し、さらにこれを常磁性・反磁性成分に分離しそれぞれを解析した。本セミナーでは、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(図1)、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可角依存性を紹介する。これらを通して、この構造における特徴が常磁性成分に現れることを示す。さらに、AB構造で確認された非一様な電流分布が5回回転対称性を持つPenrose構造上でも確認できることを紹介する<sup>[5]</sup>。

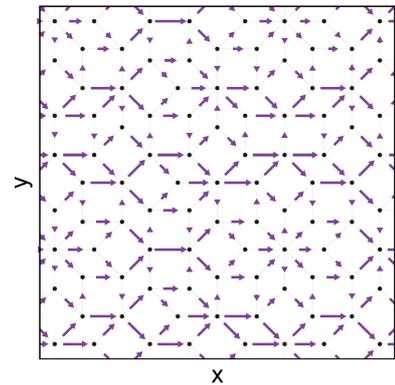


図1:  $J_{j \rightarrow i}$ の実空間分布. 矢印と黒点はそれぞれ電流量とサイトを表す. ベクトルポテンシャルは、 $x$ 軸に対して平行に印加されている。

以上の成果は、竹森那由多氏(阪大)、酒井志朗氏(理研)、市岡優典氏(岡山大)、Anuradha Jagannathan 氏 (Université Paris-Saclay)との共同研究によるものである。

[1] K. Kamiya, *et al.*, Nat. Comm. **9**, 154 (2018).

[2] Y. Tokumoto, *et al.*, arXiv:2307. 10679 (2023).

[3] S. Sakai, *et al.*, Phys. Rev. B **95**, 024509 (2017); N. Takemori, *et al.*, Phys. Rev. B **102**, 115108 (2020).

[4] Y. Zhang, *et al.*, Sci. China-Phys. Mech. Astron. **65**, 287411 (2022).

[5] T. Fukushima, *et al.*, J. Phys.: Conf. Ser. **2461**, 012014 (2023); T. Fukushima, *et al.*, arXiv:2310.03484 (2023).