

講演者：竹森 那由多（大阪大学 量子情報・量子生命研究センター 特任准教授）

講演題目：ハイパーマテリアルにおける超伝導の理論解析

講演概要：

2018年に、Al-Mg-Zn 準結晶でバルクの超伝導が発現することが発見[1]され、電子比熱の温度依存性から、電子間に働く有効相互作用は弱結合的であると結論付けられた。しかしながら、並進対称性のない系における弱結合超伝導は非自明な問題であり、超伝導状態の発現機構および特性の解明が求められている。本発表では、準結晶の構造モデルであるペンローズタイリングを取り上げ、電子間引力相互作用を仮定した引力ハバード模型を用いて、実空間動的平均場近似や BdG 方程式を用いた s 波超伝導状態の解析の結果を紹介する。超伝導転移点はすべての格子点で唯一に決まる一方で、秩序変数が空間変化する超伝導状態が発現する。特に、弱結合領域においては、各々のクーパー対の重心運動量が 0 とならない非 BCS 的な弱結合超伝導状態であること[2]を明らかにした。さらに、実験観測にも BCS 超伝導体との違いが現れる[3]。比熱の跳びは BCS 理論値より 10-20% 小さくなるという結果は Al-Mg-Zn 準結晶において観測された実験値と矛盾せず、非一様な秩序変数の構造を反映していると考えられる。この結果は、周期系の超伝導と準結晶の超伝導を区別する指標となりうるため、今後の実験測定が期待される。以上の結果から、準結晶と周期近似を施した近似結晶では、比熱の跳びに定量的な違いが現れることが推測される。同様の解析により、ペンローズ近似結晶の比熱を計算し、実際にユニットセル内が非一様な秩序変数を示す場合にも、周期的な場合には BCS 的な比熱の跳びとなることを示す。さらに、Ammann-Beenker タイリング上の超伝導電流の解析[4]についても紹介する。

[1] K. Kamiya, et al., Nature Communications, 9 154 (2018).

[2] S. Sakai, N. Takemori, A. Koga, and R. Arita, Phys. Rev. B 95 024509 (2017).

[3] N. Takemori, R. Arita and S. Sakai, Phys. Rev. B 102 115108 (2020).

[4] T. Fukushima, N. Takemori, S. Shiro, M. Ichioka and A. Jagannathan, submitted.