

超伝導体に接続された量子ドット系の近藤効果

大阪市大 理, 小栗章

超伝導と近藤効果の競合は、古くから研究されてきた興味深い問題であり、長い歴史を持っている。超伝導体中ではエネルギー・ギャップ Δ のため、伝導電子による磁性不純物のスピンの遮蔽が抑制される。ギャップが近藤温度 T_K より小さい場合 ($\Delta \ll T_K$) は非磁性なスピン singlet 基底状態が実現するが、ギャップが近藤温度 T_K より大きな場合 ($\Delta \gg T_K$) には、基底状態は doublet となり磁気モーメントが残る点に特徴がある。初期の研究でこれらの多くの点が理解されていたが、電子の量子力学的な波動性と粒子性が拮抗する複雑な多体問題であるため理論的な扱いが難しく、例えば競合を特徴づけるひとつのパラメータである T_K/Δ の値の違いによる物理量の変化などに関して、1990 年代以降も量子モンテカルロ法や数値くりこみ群などの定量的に信頼性の高い手法によって詳細な研究が行われてきた。

さらに、半導体、カーボン・ナノチューブ等の量子ドット系では、実験的な制御性の高さから、従来の希薄磁性合金系では不可能であった様々な状況の下で近藤効果が実現されている。本講演では、超伝導体 (S) と量子ドット (D) からなる S-D-S 接続系 [1-4]、および片側を常伝導リード (N) にした S-D-N 接続系 [5-6] の輸送特性や低エネルギー状態について数値くりこみ群を用いて調べた結果を紹介する。例えば、Josephson 接合中の量子ドットの場合は、左右ギャップ間の位相差 ϕ がさらに遮蔽を妨げ、さらにスピンの状態が Josephson 電流の向き、および大きさに大きな影響を与える。また、S-D-N 系では、常伝導側の伝導電子の寄与により、基底状態は Fermi 流体になることが、ギャップば大きい極限では厳密に示される。このような超伝導と近藤効果の競合に関する新たな側面に関して議論する。

- [1] A.O, Yoshihide Tanaka and A. C. Hewson: J. Phys. Soc. Jpn. **73**, 2494 (2004).
- [2] Yoshihide Tanaka, A.O, and A.C.Hewson: New J. Phys. **9**, 115 (2007).
- [3] J. Bauer, A.O, and A. C. Hewson: J. Phys.: Condes. Mat. **19**, 486211 (2007).
- [4] C. Karrasch, A.O, and V. Meden: Phys. Rev. B **9**, **77**, 024517 (2008).
- [5] Yoichi Tanaka, N. Kawakami, A.O: J. Phys. Soc. Jpn. **76**, 074701 (2007).
- [6] Yoichi Tanaka, N. Kawakami, A.O: Phys. Rev. B, **78**, 035444 (2008).