

# 強相関効果による高温超伝導発現機構と界面構造を利用した 超伝導の制御可能性

三澤 貴宏

東京大学物性研究所計算物質科学研究センター

銅酸化物・鉄系高温超伝導体の発見によって、強い電子間相互作用を起源とした高温超伝導発現機構は大きな注目を集め、その解明を目指して精力的な研究が行われている。高温超伝導機構解明に向けて、強相関電子系の理論模型に対して高精度な数値計算を行なうことは、長年の課題であったが、近年の理論手法の発展[1]および計算機の能力向上によって高精度かつ系統的な計算が可能になりつつある[2, 3, 4, 5, 6]。

本講演では現実物質の電子状態を非経験的に取り扱う第一原理ダウンフォールディング法[1]について解説をするとともに、適用例として、鉄系超伝導体 LaFeAsO の第一原理有効模型における高温超伝導発現機構を解析した結果[4]について発表する。解析の結果、我々は反強磁性の一次相転移近傍で増大する一様な電荷密度揺らぎの増大が超伝導の発現と一対一に対応していることを見出した。これは、一様な電荷揺らぎの増大が超伝導の発現をもたらしていることを示している。また、同様の一対一対応が、銅酸化物高温超伝導体を記述する最も基本的な模型であるハバード模型でも成立することを見出している[5]。二つの全く異なる模型に対して、共通の超伝導機構が得られたことは、この超伝導発現機構が電子相関由来の超伝導として普遍的であることを強く示唆している。

さらに、最近、我々はこの超伝導機構を反映して、高温超伝導体の界面では超伝導が最適になる電子濃度に自動的に保たれ、ドーピング濃度に依らずに超伝導の大きさがバルク結晶の場合の最適値になるという現象が発現することを発見した[6]。この結果は、銅酸化物界面の最近の実験で報告されている超伝導転移温度がドーピング濃度にほとんど依存しないという振る舞いとよく整合している[7]。この界面での超伝導最適化機構は、バルク結晶の場合に内在していた相分離への不安定性が、界面という層状構造をとることで自発的に解消することに起因しており、超伝導の制御方法の新しい方向性を示すものである。

以上の結果は、今田正俊、中村和磨、Silke Biermann、野村悠祐 各氏(敬称略)との共同研究に基づいている。

## 参考文献

- [1] レビューとして, M. Imada and T. Miyake, *J. Phys. Soc. Jpn.* **79**, 112001 (2010).
- [2] T. Misawa, K. Nakamura, and M. Imada, *J. Phys. Soc. Jpn.* **80**, 023704 (2011).
- [3] T. Misawa, K. Nakamura, and M. Imada, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 177007 (2012).
- [4] T. Misawa and M. Imada, *Nature Commun.* **5**, 5738 (2014).
- [5] T. Misawa and M. Imada, *Phys. Rev. B* **90**, 115137 (2014).
- [6] T. Misawa, Y. Nomura, S. Biermann, and M. Imada, *Sci. Adv.* **2**, e1600664 (2016).
- [7] J. Wu *et al.*, *Nat. Mater.* **12**, 877 (2013).