

多重エネルギー階層分光による超伝導固体内素励起の研究



● 研究代表者

高橋 隆 物理学専攻・教授
Takashi Takahashi

● メールアドレス…t.takahashi@arpes.phys.tohoku.ac.jp

● 専門分野…光電子固体物性

● 主な研究課題…
 • 高分解能光電子分光による高温超伝導体の電子構造と超伝導発現機構の研究
 • 同分光法による電荷密度波状態の研究
 • 高分解能光電子分光装置の開発

● 研究目的

凝縮固体(condensed matter)は、 10^{24} 個の原子核と 10^{25} 個の電子が量子力学の基本原則に従って整然と秩序を保って存在している「固体宇宙」と言えよう。天文学者が大口径の望遠鏡を用いて遙か彼方、極大の秩序を探るのに対し、物性物理学者は分光(spectroscopy)という顕微鏡を用いて、固体宇宙に存在する極微の秩序を探っている。

それぞれの固体の性質はそこに存在する「 10^{24} 個の原子核と 10^{25} 個の電子」の集団としての性質である。この「固体宇宙」における多体問題を量子力学は「素励起」という概念で単純化する。多体系の励起状態は、この素励起の複合であり、固体物理学は、固体中に存在する素励起の性質を探る事で、物質の示す様々な性質を解き明かす。

本研究グループは、物質の示す最も特異な現象の1つである「超伝導」を探っている。超伝導も物質の示す1つの素励起として理解される。「電気抵抗ゼロ」という現象で観測される超伝導は、ミクロな量子現象がマクロなレベルにまで階層を越えて現れた物理現象であり、「高温超伝導体の発見」に代表されるように、固体物理学における未解決の魅力的な研究分野であるばかりでなく、将来の大きな産業応用の可能性を持っている。また、「超伝導」は、極微は量子色力学における「カラー超伝導」や、極大は「中性子星内部における超伝導」に見られるように、物質階層を貫く普遍的な物理現象であり、そこには、Cooper pairing, Bose-Einstein Condensation, Bogoluibov Quasiparticleといった共通の物理

概念が存在し、物質階層を越えた研究が展開されている。

● 研究内容

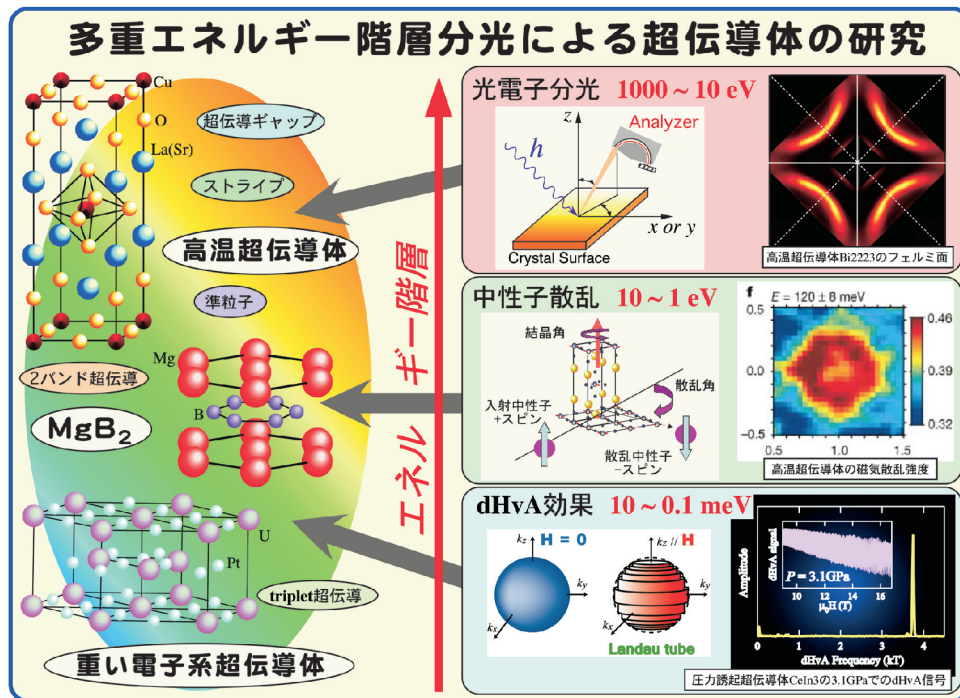
本研究グループは、高温超伝導体や強相関超伝導体の超伝導発現機構を、異なるエネルギー階層を持ついくつかの分光手段を用い、それぞれのエネルギー階層における「超伝導」の局面を詳細に研究し、それらを総合して超伝導の全貌に迫る研究を行っている。具体的には、以下の研究を進めている。

- (1) 高エネルギー分光手段である「高分解能角度分解光電子分光」を用いた、高温超伝導体の電子構造の決定と、超伝導素励起である「ボゴリュエボフ準粒子」の直接観測を通した「高温超伝導発現機構の研究」
- (2) 中エネルギー分光手段である「高強度中性子分光」を用いた、超伝導体の結晶格子とスピン格子の静的・動的構造および超伝導磁束格子構造の決定を通した「高温超伝導発現機構の研究」
- (3) 低エネルギー分光手段である「複合極限環境下dHvA効果」を用いた、強相関物質の電子構造の決定と、極限環境による素励起・相互作用の制御による「強相関物質」の研究

以上のようなエネルギー階層を横断する種々の先端的物性実験法を相補的、総合的に駆使する事により、新規超伝導体の機構解明を進める。

研究分担者 青木 晴善 (物理学専攻・極低温科学センター・教授)
 山田 和芳 (物理学専攻・金属材料研究所・教授)
 落合 明 (物理学専攻・助教授) 佐藤 宇史 (物理学専攻・助手)
 木村 憲彰 (物理学専攻・助手) 藤田 全基 (物理学専攻・金属材料研究所・助手)
 平賀 晴弘 (物理学専攻・金属材料研究所・助手)

研究協力者 Satyabrata Raj (物理学専攻・COE研究員)



高温超伝導体、MgB₂、重い電子系超伝導体などの「新超伝導体」に対して、光電子分光、中性子散乱、dHvA効果等の様々なエネルギー階層の分光手段を用いて各エネルギー階層における性質を明らかにし、それらを総合して超伝導の全体像を解明する。

● 代表的な発表論文

- 1) Quantum Magnetic Excitations from Stripes in Copper-Oxide Superconductors,
J. M. Tranquada, H. Woo, T. G. Perring, H. Goka, G. D. Gu, G. Xu, M. Fujita, and K. Yamada, Nature **429**, 534 (2004).
- 2) De Haas-van Alphen effect in ZrZn₂ under pressure – Cross over between two magnetic state,
N. Kimura, M. Endo, T. Isshiki, S. Minagawa, A. Ochia, H. Aoki, T. Terashima, S. Uji, T. Matsumoto, and G. G. Lonzarich, Phys. Rev. Lett. **92**, 197002 (2004).
- 3) BCS-like Bogoliubov Quasiparticle in High-Tc Superconductors Observed by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy,
H. Matsui, T. Sato, T. Takahashi, S.-C. Wang, H.-B. Yang, H. Ding, T. Fujii, and T. Watanabe, Phys. Rev. Lett. **90**, 217002 (2003).
- 4) The origin of multiple superconducting gap in MgB₂.
S. Souma, Y. Machida, T. Sato, T. Takahashi, H. Matsui, S.-C. Wang, H. Ding, A. Kaminski, J. C. Campuzano, S. Sasaki, and K. Kadowaki, Nature (London) **423**, 65 (2003).
- 5) Commensurate Spin Dynamics in the Superconducting State of an Electron-Doped Cuprate Superconductor,
K. Yamada, K. Kurahashi, T. Uefuji, M. Fujita, S. Park, S.-H. Lee and Y. Endoh, Phys. Rev. Lett. **90**, 137004 (2003).