

トポロジカル近藤絶縁体の角度分解光電子分光

木村 真一

大阪大学大学院生命機能研究科/理学研究科物理学専攻

半導体表面上に現れるトポロジカル不変量でプロテクトされた金属状態は、トポロジカル絶縁体のエッジ状態として知られており、最近 10 年あまりの精力的な研究でその物性が急速に理解されてきた。このトポロジカル金属状態は、典型的にはディラックコーンと呼ばれる質量がゼロの伝導電子を形成し、その極めて高いモビリティと時間反転対称性を保つヘリカルなスピン偏極などの特徴から、スピントロニクスへの応用が期待されている。我々は、このような極めて高いモビリティを持つトポロジカル金属状態が、大きな有効質量が予想される強相関絶縁体・半導体の表面上に実現した場合に、表面伝導電子がどのように振る舞うかを調べることを目的として研究を行っている。

強相関絶縁体・半導体は、その強い電子相関により、一電子近似で予測されるものとは異なるギャップ構造を持つ。例えば、モット絶縁体や近藤絶縁体は典型的な物質である。これらのうち、近藤絶縁体は、バンド計算の予測に比べて極めて小さな半導体ギャップが生じるが、そのエネルギーギャップを作っているバルク電子構造は通常の半導体に比べてバンド分散が小さくなる。つまり、半導体ギャップを構成するバンドの有効質量が大きくなる。このようなギャップの内側に生成されるディラック電子にも、電子相関の効果が現れるのかは明らかになっていない。

近藤絶縁体の代表的な物質の 1 つに六硼化サマリウム SmB_6 がある。 SmB_6 は、これまで最も研究が行われてきた近藤半導体であり、局在 $4f$ 電子と伝導電子が電子相関によってくりこまれた混成バンド($c-f$ 混成)を形成することが知られている。最近では、この $c-f$ 混成バンドが起源となっているトポロジカル表面状態が現れるという理論予測 (Topological Kondo Insulator; TKI) が提案されており[1]、その表面エッジ状態の観測も、世界的に多くの研究がなされてきた。これらすべての研究では、表面バンドが存在する[2]ことは共通しているが、トポロジカルエッジ状態であるという意見が多い中[3]で、トリビアルなラッシュババンドであると結論づけている論文もあり[4]、未だに多くの議論が行われている。また、これらすべての研究は、 $\text{SmB}_6(001)$ 表面について行われたものであるため、TKI の普遍的な性質によるものか、それとも試料固有のものかを区別することは難しい。

そこで我々は、別の TKI 候補物質である 12 硼化イッテルビウム $\text{YbB}_{12}(001)$ 表面および SmB_6 と YbB_{12} の別の方位である(111)表面の電子構造を調べることで、トポロジカルエッジ状態が近藤絶縁体表面で実現しているのかどうか調べている[5,6]。この講演では、我々の最近の TKI に関する研究について紹介したい。

本研究は、大坪嘉之、萩原健太、竹野祐輔、C. Wang、山下雄紀 (以上、阪大生命/理)、湯川龍、小林正起、堀場弘司、組頭広志 (以上、KEK-PF)、角田一樹、奥田太一 (以上、HiSOR)、J. E. Rault, P. Le Fèvre, F. Bertran, A. Taleb-Ibrahimi (以上、Synchrotron Soleil)、松波雅治、出田真一郎、田中清尚 (以上、UVSOR)、平野航、伊賀文俊 (以上、茨城大理)の各氏との共同でおこなわれたものであり、これらの方々に感謝致します。

[1] M. Dzero *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **104**, 106408 (2010).

[2] H. Miyazaki, S. Kimura *et al.*, *Phys. Rev. B* **86**, 075105 (2012).

[3] N. Xu *et al.*, *Phys. Rev. B* **88**, 121102(R) (2013); M. Neupane *et al.*, *Nat. Commun.* **4**, 2991 (2013); J. Jiang *et al.*, *Nat. Commun.* **4**, 3010 (2013); J. D. Denlinger *et al.*, *JPS Conf. Proc.* **3**, 017038 (2014).

[4] P. Hlawenka *et al.*, arXiv:1502.01542 (2015).

[5] K. Hagiwara, S. Kimura *et al.*, *Nat. Commun.* **7**, 12690 (2016).

[6] Y. Ohtsubo, S. Kimura *et al.*, to be published in SCES 2017 proceedings and to be submitted.