

ビスマス薄膜の電子状態：表面、バルク、その他

平原 徹

東工大理

半金属であるビスマスは固体中において最初にディラック電子が発現した系として長らく注目を集めてきた [1]。またビスマス薄膜はその長いフェルミ波長により量子サイズ効果の研究にも用いられてきた。とりわけ興味深いのは膜厚が 300 Å 程度になるとバンドがフェルミ準位を横切らなくなる（半金属半導体転移）という理論予測であった [2]。1960 年代からこの予測を検証しようと多くの実験がなされたが、はっきりとした結論は出ていなかった [3]。その理由の一つが、バルクのバンド構造からは想定されていないキャリアの存在であった。事実、2001 年に Ast 等によってバルクよりもはるかに大きいフェルミ面を持つ表面状態が Bi(111)表面で明確に観測された [4]。それ以降、Bi は単結晶・薄膜を用いた表面電子状態の研究対象として盛んに研究されてきた [5]。特にこれらの表面状態がマクロな輸送現象測定において、膜厚を薄くしていったときにその影響が支配的になるのではないかということが指摘されている [6,7]。逆に、表面状態の輸送特性を議論する上でもバルク状態の金属性(半金属半導体転移の有無)を検証する必要がある [8,9]。さらにビスマス表面上には通常の表面状態のみならず、ステップに沿って一次元的なエッジ状態も存在することが最近報告され [10,11]、高次トポロジカル物質に現れるトポロジカルなヒンジ状態との関連性が議論されている [12]。本講演では上記について概説し、今後の展望を述べる。

参考文献

- [1] P. A. Wolff, J. Phys. Chem. Solids 25, 1057 (1964).
- [2] V. B. Sandomirskii, Sov. Phys. JETP 25, 101 (1967).
- [3] 例えば C. A. Hoffman *et al.*, Phys. Rev. B 48, 11431 (1993).
- [4] C. R. Ast and H. Höchst, Phys. Rev. Lett. 87, 177602 (2001).
- [5] 例えば T. Hirahara Jour. Elec. Spec. Rel. Phen. 201, 98 (2015).
- [6] S. Xiao *et al.*, Phys. Rev. Lett. 109, 166805 (2012).
- [7] K. Zhu *et al.*, Phys. Rev. B 94, 121401(R) (2016).
- [8] T. Hirahara *et al.*, Phys. Rev. Lett. 115, 106803 (2015).
- [9] T. Hirahara and S. Hasegawa, Phys. Rev. B 97, 207401 (2018).
- [10] A. Takayama *et al.*, Phys. Rev. Lett. 114, 066402 (2015).
- [11] I. K. Drozdov *et al.*, Nature Phys. 10, 663 (2014).
- [12] F. Schindler *et al.*, Nature Phys. 14, 918 (2018).