

# 量子振動から評価する PbTe の” Diracness ” とその圧力変化

秋葉和人<sup>1</sup>, 三宅厚志<sup>1</sup>, 酒井英明<sup>2,3</sup>, 片山敬介<sup>2</sup>, 村川寛<sup>2</sup>,  
花咲徳亮<sup>2</sup>, 鷹岡貞夫<sup>2</sup>, 中西良樹<sup>4</sup>, 吉澤正人<sup>4</sup>, 小林達生, 徳永将史<sup>1</sup>  
岡山大院自然<sup>1</sup>, 東大物性研<sup>1</sup>, 阪大院理<sup>2</sup>, JST-PRESTO<sup>3</sup>, 岩手大院工<sup>4</sup>

Dirac フェルミオンが固体の物性を担うトポロジカル物質の物性解明は、現在の物性物理学における主要なトピックの一つとなっている。ただしこれまでに知られているトポロジカル物質の多くは Dirac フェルミオン以外にも複数のキャリアが混在する複雑なバンド構造を持ち、Dirac フェルミオン由来の振る舞いだけを抽出して解析するのは難しい。またバンド構造はその物質に固有の場合が多く、何か特異な物性が見つかったとしてもそれが物質各論の域を出るのが難しいという問題をはらんでいる。

我々は上述の問題を解決しうる物質として、バンド構造がシンプルかつ外部パラメータで制御可能な PbTe (鉛テルル) に着目し研究を進めている。PbTe は常圧で Brillouin ゾーンの L 点に直接型ギャップを持つ縮退型半導体であることが知られており、L 点以外のバンドは物性にほとんど寄与しないとみなせる。また圧力や元素置換によってバンド構造を半導体・ゼロギャップ状態・トポロジカル結晶絶縁体へと制御可能であると考えられており[1,2]、ゼロギャップ状態では理想的な Dirac 電子系の実現が期待される。

近年の理論研究によって、Zeeman エネルギーとサイクロトロンエネルギーの比 (Zeeman サイクロトロン比、ZC 比) が 1 にどれだけ近いかを見ることで、着目する系と理想的な Dirac 電子系との類似性、すなわち “Diracness” を定量的に評価できることが提案された[3]。この ZC 比は、磁場中の量子振動現象の観測によって実験的に決定可能な量となっているため、Dirac 電子系を同定する際の定量的指標となることが期待できる。我々は ZC 比を利用した Dirac 電子系実現の実証と、その近傍での新奇物性の探求を目指して研究を進めている。

我々は最大 55 T までのパルス強磁場下で PbTe の電気抵抗・磁化・超音波による弾性特性の測定を行い、明瞭な Zeeman 分裂を伴った量子振動を観測した。量子極限状態に到達可能な強磁場下のデータを詳細に解析することで、PbTe の ZC 比が 0.52 であることを実験的に決定した[4]。また量子振動の位相は Zeeman 分裂の程度によって大きく左右され得る。そのため Berry 位相を求める手法として現在広く用いられているファンダイアグラム解析では、この点を正しく考慮しなければならない。

さらに対向アンビル型圧力セルを用いた最大 7.5 GPa までの圧力下における磁気抵抗測定においては、Shubnikov-de Haas 振動が 4.0 GPa までに 2 回位相反転する様子が観測された。このことは 4.0 GPa までに ZC 比が 2.5 以上まで変化していることを意味し、圧力を適切にチューンすることで ZC 比=1 の Dirac 電子系が実現可能であることを示唆している。

## 参考文献

- [1] S.-Y. Xu *et al.*, Nat. Commun. **3**, 1192 (2012).
- [2] P. Barone *et al.*, Phys. Rev. B **88**, 045207 (2013).
- [3] H. Hayasaka and Y. Fuseya, J. Phys.: Condens. Matter **28**, 31LT01 (2016).
- [4] K. Akiba *et al.*, Phys. Rev. B **98**, 115144 (2018).