

# トポロジカル絶縁体におけるエッジ状態

中村研究室 今井翔貴

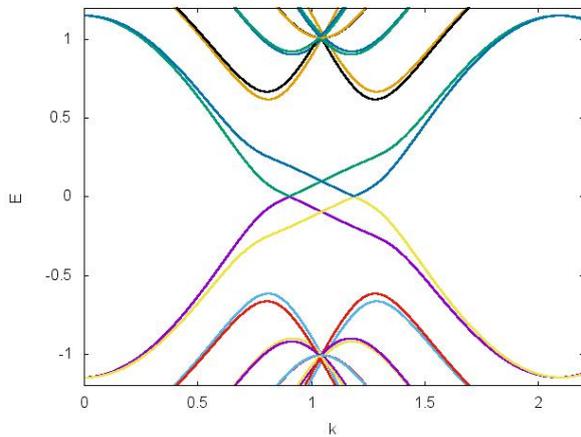
物性物理学の分野において近年注目されているものとしてトポロジカル絶縁体がある。トポロジカル絶縁体とは、バルクにエネルギーギャップを持つにもかかわらずそのエッジにギャップレスのスピンの流が生じている物質のことである。トポロジカル絶縁体は2005年に理論的に予言 [2-4] され、実際にその存在が2007年に確認された。

トポロジカル絶縁体の  $Z_2$  指数はエネルギーギャップの存在によって守られており、ギャップを保ったまま断熱的に変化させても  $Z_2$  指数は変化しない。一方、真空も励起エネルギーにギャップを持った絶縁体であり、その  $Z_2$  指数は0である。したがって、トポロジカル絶縁体が真空と接しているとき、その境界でギャップが閉じなければならない。これはすなわち、境界には必ずギャップレスの状態が現れることを意味する。このようにトポロジカル絶縁体では、バルクの特殊性がエッジに反映される。

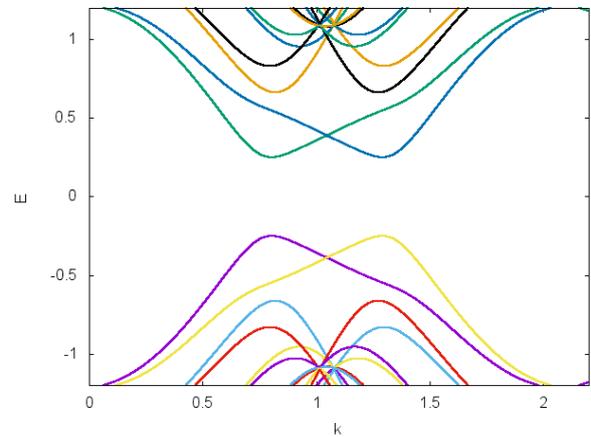
トポロジカル絶縁体が発見されるきっかけとなったものにグラフェン [1] がある。2次元六角格子上の tight-binding 模型においてスピン軌道相互作用を考えると、その六角格子はトポロジカル絶縁体になる。これは2004年に C. L. Kane と E. J. Mele [2] が Haldane 模型 [5] を基に考案した tight-binding 模型である。

$$H = t \sum_{\langle ij \rangle} c_i^\dagger c_j + i\lambda_{\text{SO}} \sum_{\langle\langle ij \rangle\rangle} \nu_{ij} c_i^\dagger s_z c_j + i\lambda_{\text{R}} \sum_{\langle ij \rangle} c_i^\dagger (\mathbf{s} \times \mathbf{d}_{ij})_z c_j + \lambda_v \sum_i \epsilon_i c_i^\dagger c_i \quad (1)$$

Kane-Mele 模型のジグザグ系におけるエネルギー分散が図 1,2 である。



(図 1) Kane-Mele 模型において  $\lambda_v = 0.1t$  とした場合のエネルギー分散。縦軸がエネルギー、横軸が波数。



(図 2) Kane-Mele 模型において  $\lambda_v = 0.4t$  とした場合のエネルギー分散。縦軸がエネルギー、横軸が波数。

図 1 では、スピン起動相互作用によりトポロジカル絶縁体になっている。

[1] K. S. Novoselov et al. Nature 438197 (2005) .

[2] C. L. Kane, and E. J. Mele, Phys. Rev. 95. 146802 (2005).

- [3] C. L. Kane, and E. J. Mele, Phys. Rev. 95. 226801 (2005).
- [4] B. A. Bernevig and S.-C. Zhang: Phys. Rev. Lett. 96. 106802 (2006).
- [5] F. D. M. Haldane, Phys. Rev. 61, 2015 (1988)