

# 傾斜ディラックコーンをもつ2次元電子系におけるエッジ状態と束縛状態、およびクライン・トンネリング

名大理 津村卓弥 松野元樹 小林晃人

2次元ディラック電子系において並進対称性を破ると多くの場合、束縛状態が現れる。試料端では端に局在したエッジ状態が現れ [1,2]、1次元的なポテンシャル障壁を設定した場合には障壁に局在した1次元束縛状態が出現する [3]。またポテンシャル障壁に平面波を入射した場合には、特定入射角において完全透過するクライン・トンネリングが指摘されている [4]。分子性導体  $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> のエッジ状態は長谷川ら [2] により調べられているが、ポテンシャル障壁による束縛状態やクライン・トンネリングの性質は解明されていない。そこで本研究では大きく傾斜したディラックコーンをもつ  $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> の2次元電子系を念頭において、エッジ状態と束縛状態、およびクライン・トンネリングを調べた。

1次元束縛状態に関しては、はじめに連続体近似においてディラックコーンの傾斜効果を取り入れた。その結果、ブリルアンゾーン内に2つあるディラックコーンによるバレーの自由度に関する縮退が解け、異なるフェルミ速度を持つことを見出した。この状況における Tomonaga-Luttinger 模型を用いた解析についても言及する。次に、a 軸あるいは b 軸方向に周期境界条件を課した強束縛模型 (リボン) を数値計算し、1次元束縛状態のエネルギー分散関係と波動関数の性質を調べ、エッジ状態との比較を行う。図1は細かいポテンシャル障壁を設定した場合のエネルギー分散関係であり、エッジ状態と束縛状態があらわれている。図2は波数  $ka=3\pi/4$  における各エネルギー固有状態の波動関数の空間分布 ( $|\Psi|^2$ ) であり、伝導電子バンドと価電子バンドの間にエッジ状態とは別に束縛状態が現れている。さらに、並進対称性が破れているという観点では電荷秩序相とゼロギャップ相の境界も同様である。ここでの束縛状態についても報告する予定である。

また、ディラックコーンの傾斜を取り入れてクライン・トンネリングの入射角依存性を計算した。その結果、傾斜により完全透過の方向が非対称になることを見出した。 $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> では互いに逆方向に傾斜したディラックコーンが二つ存在するため、バレー分極したトンネル効果が期待される。

[1] M.Kohmoto and Y.Hasegawa, Phys. Rev. B 76, 205402 (2007)

[2] Y.Hasegawa and K.Kishigi, Journal of the Physical Society of Japan 80, 054707 (2011)

[3] T.Yokoyama et al, Phys. Rev. Lett. 104, 246806 (2010)

[4] M.I.Katsnelson et al, Nature Physics 2, 620-625 (2006)

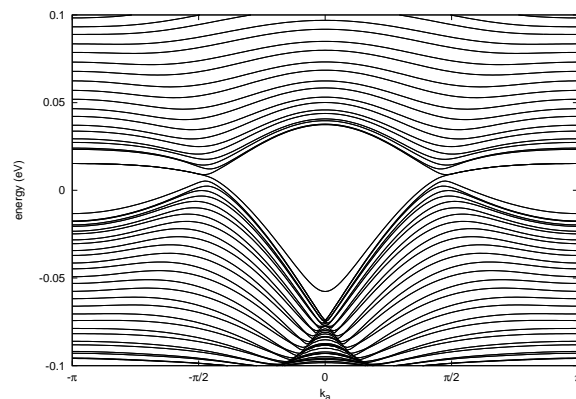


図1 1212 エッジの系の中心に  $V=0.03$ [eV] の1次元ポテンシャルをかけた場合のバンド図。

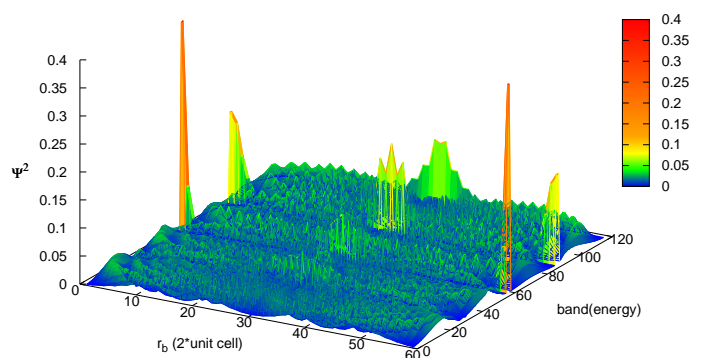


図2 図1と同じ状態、 $ka=3\pi/4$  における確率密度の空間分布。エッジ状態と束縛状態は異なるバンドに属する。