

分子性 Dirac 電子系の電気伝導特性

理研 田嶋尚也

有機導体には、低温で非常に高い易動度を持つのに電気抵抗が殆ど温度に依存しないという奇妙な現象がしばしば見受けられる。我々はそういった有機導体に興味を持ち、その系の電気伝導特性について調べている。その中の 1 つである α -(BEDT-TTF)₂I₃ という物質では、1.5GPa 以上の高圧下で電気伝導度の温度変化がないのに、担体濃度は温度の低下に伴い室温から 1K まで 6 桁以上急激に減少する。一方、易動度は室温から低温まで 6 桁ほど増大するのである。低温では 10^{15}cm^{-3} 程度の極低担体濃度、 $10^6\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 程度の極高易動度の状態にある。すなわち、担体濃度の温度変化と易動度の温度変化が相殺した結果、電気伝導度が温度に依存しないのである[1-3]。この現象は、有機・無機物質含めて前例のない新しい電気伝導現象である。そういった意味で、この系の物質は”新しい型の電気伝導体”である。

この特異な性質を持つ"新しい物質"はゼロギャップ電気伝導体であることが小林等(名古屋大)によるバンド計算[4, 5]、木野等(NIMS)の第一原理計算[6]から明らかになった。フェルミ準位のところで価電子帯と伝導帯とが 2 点で接したバンド構造をもつ(Fig. 1)。重要なのは、その接点の周りでは線形に分散した独特なバンド構造(Dirac cone と呼ぶ)をしているために、質量ゼロの伝導電子(Dirac 電子)が系を支配することである。この系をゼロギャップ電子系として解析すると我々の実験結果は非常によく理解できる[2, 3]。

ゼロギャップ電子系については最近、グラファイトを一層だけにしたグラフェンで実現され、線形分散型のエネルギーバンドに関係した新奇の量子ホール効果観測など大変話題になっている。しかし、 α -(BEDT-TTF)₂I₃ はグラフェンとは異なり、世界で最初のバルクのゼロギャップ電気伝導体である。バルクである特徴は層間磁気抵抗に見ることができる。面垂直に磁場が加わると Dirac cone は Landau 準位に量子化されるが、contact point を周回する軌道が Berry 位相 π を持つため、必ず contact point の位置にゼロモードと呼ばれている $n=0$ の Landau 準位が現れる(Fig. 1(b))。Landau 準位の縮重度は磁場に比例して増大するので、contact point における状態密度はゼロから磁場に比例して増大す

る。その結果、層間抵抗は磁場に反比例して減少する負の磁気抵抗を示すのである[7]。この結果は、長田(東大物性研)による計算[8]と定量的によく一致し、 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ において Dirac 電子系が実現したことを強く示唆する。

こうして、 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ は擬 2 次元 Dirac 電子系の伝導特性を調べるのに適した物質であることが明らかになってきた。今後この物質を舞台にゼロギャップ電子系の物理が発展していくであろう。

- [1]N. Tajima, et al., *JPSJ*, 69 (2000) 543.
- [2]N. Tajima, et al., *JPSJ*, 75 (2006) 051010.
- [3]N. Tajima, *EPL*, 80 (2007) 47002.
- [4]A. Kobayashi, et al., *JPSJ*, 73 (2004) 3135.
- [5]S. Katayama, et al., *JPSJ*, 75 (2006) 054705.
- [6]H. Kino and Miyazaki, *JPSJ*, 75 (2006) 034704.
- [7]N. Tajima, et al., to be submitted.
- [8]T. Osada, *JPSJ*, 77 (2008) 084711.

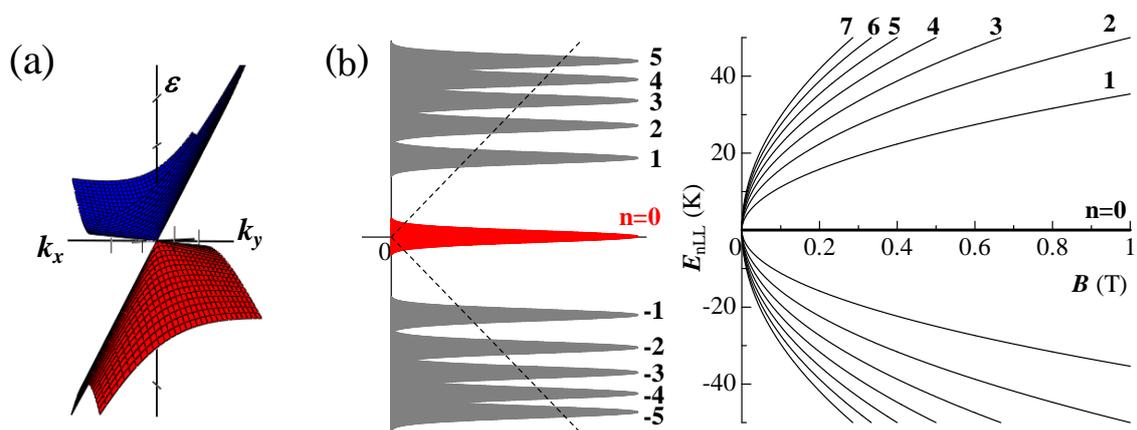


Fig. 1: (a) ゼロギャップ構造(Dirac cone), (b) Landau level