

有機ディラック電子系  $\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$  強相関効果

鵜野澤 佳成 (物性物理学教室)

有機伝導体  $\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$  の高圧下で質量ゼロのディラック電子系が実現した。 $\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$  はグラフェン同様にディラック点にフェルミ準位が位置するディラック電子系物質であり、その中でもバルクな質量ゼロのディラック電子物質はこの物質だけである。

$\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$  の大きな特徴は、質量ゼロのディラック電子系が強相関相である電荷秩序絶縁相に隣接して実現すること、そして電子相関の大きさを圧力の印加で制御できることである。フェルミ準位がディラック点に位置するという性質と合わせ、強い電子間相互作用が質量ゼロのディラック電子系に及ぼす影響を調べるプローブとしてこの物質は最適である。

本研究では、 $\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$  を用いて質量ゼロのディラック電子系と電子相関の協奏関係を解明するために以下二つの実験を行った。

一つ目の成果として、 $\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$  にキャリアを注入した試料を用いた高圧・高磁場下での量子輸送現象の測定によって、バレー分裂からディラック点近傍でのクーロン相互作用効果を明らかにしたことである。その結果、ディラック点に近いほど電子相関効果が増加する傾向を確認した。これはグラフェンでも報告されており、質量ゼロのディラック電子系における電子相関効果の特徴であると言える。

本研究の最も大きな成果は、新しい量子相転移を発見したことである。圧力の印加によって電子相関効果を制御することで、質量ゼロのディラック電子系から電荷秩序絶縁相への量子相転移を調べた。森成による理論と合わせ、圧力で電子相関効果を強くしていくと質量ギャップを伴わないで量子相転移を起こすことを見出した。

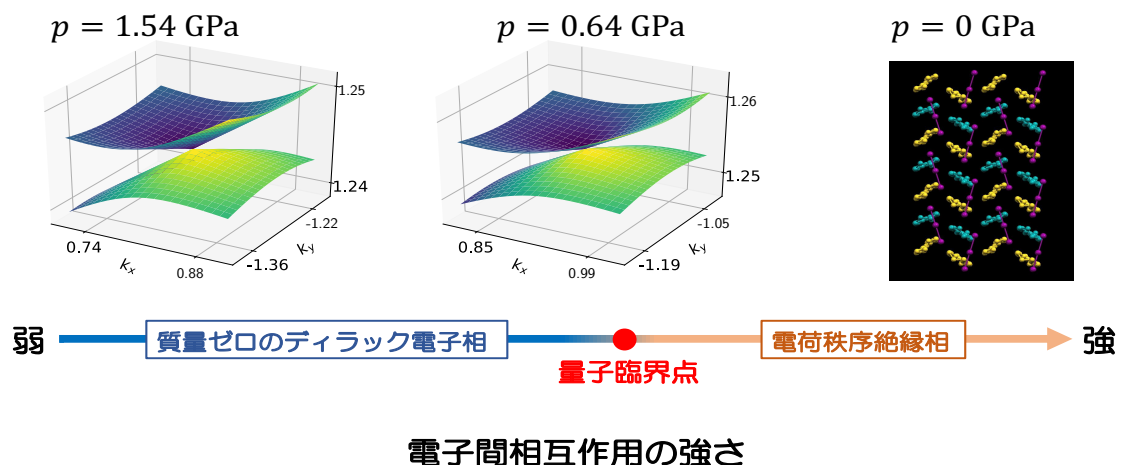


図: 有機ディラック電子系 $\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ において、電子間相互作用による質量ゼロのディラック電子系から電荷秩序絶縁相(右の分子配列図:黄色と青色で表したBEDT-TTF分子は異なる電荷を持つ)への量子相転移を表した概略図。

## 有機ディラック電子系におけるユニバーサルな磁気抵抗効果

小原 遼太郎 (物性物理学教室)

グラフェンで質量ゼロのディラック電子が実現されて以来、多種の物質でディラック電子系が発見された。その中の有機ディラック電子系には、バルクとして実現し、フェルミ準位がディラック「点」に一致するという、他の物質には叶わない特徴がある。

これまでの研究では、有機ディラック電子系  $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> を中心にディラック「点」の物理現象が調べられてきた。そこで本研究では、ディラック「点」における新しい物理現象を探索することを目的として、研究対象を他の 3 種のディラック電子系  $\alpha$ -(BEDT-STF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>、 $\alpha$ -(BETS)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>、 $\theta$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> まで拡張し、面内磁気抵抗効果を調べた。これらの試料はいずれも少しずつ異なる状態を持つため、系統的に調べることによって特徴的なディラック「点」の物理現象が明らかになることが期待できる。

研究の結果、 $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>、 $\alpha$ -(BETS)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>、 $\theta$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> の 3 試料では、低温・磁場下で量子極限になる過程において、温度依存性・磁場依存性に物質依存性がなく、1つの曲線

$$\frac{\Delta\rho(B)}{\rho_0} = aB^{3/2}T^{-5}, \quad a \cong 1.86 \times 10^6 \text{ T}^{-3/2}\text{K}^5$$

で表されるユニバーサルな磁気抵抗効果を見出した。また、分子の非対称性を持つ  $\alpha$ -(BEDT-STF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> においても、磁気抵抗は磁場に対する  $B^{3/2}$  則に従うことが判明した。一方、磁気抵抗は  $T^{-5/2}$  に比例し、 $T^{-5}$  則には従わなかった。このことから、 $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>、 $\alpha$ -(BETS)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>、 $\theta$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> の 3 試料における  $T^{-5}$  則は易動度(散乱時間)と相関することが示唆される。

さらに、 $B^{3/2}$  則の起源を調べることを目的に、 $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> の 2D 平面に対し垂直・平行それぞれの方向に磁場を印加し磁気抵抗を測定した。結果として、磁気抵抗は磁場を垂直に印加した際のみ  $B^{3/2}$  則に従い、平行に印加した際には通常の金属と同様に、 $B^2$  に比例することが確認できた。2D 面に対し垂直に磁場を印加した場合のみランダウ準位が形成されることを考慮すると、この  $B^{3/2}$  則は量子極限への臨界現象を示していることが推察される。

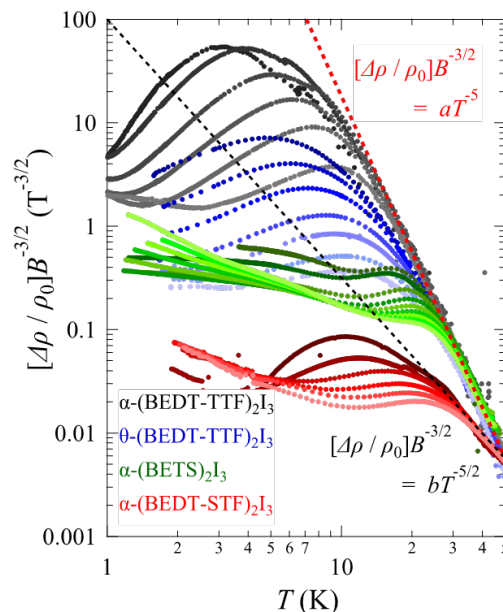


図  $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>、 $\alpha$ -(BETS)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>、 $\theta$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>、 $\alpha$ -(BEDT-STF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> における圧力下磁気抵抗の温度依存性。