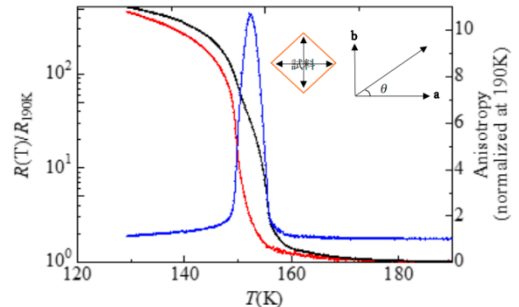


物性物理学教室

1 擬 2 次元有機導体 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の基板上薄片単結晶における電気抵抗の電流方向依存性

大上 達也

擬 2 次元有機導体 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ は 135K で金属からストライプ型の電荷秩序絶縁体に相転移する。先行研究により、転移温度付近でのみ電気抵抗率の面内異方性が 1 桁以上増大する特異な現象が知られている。本研究では、先行研究と同様に α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の薄片状単結晶を基板に固定し、レーザーで異方性を調べやすい形に加工して転移温度付近の電気抵抗率の面内異方性を調べた。先行研究における問題点を基板を改良することにより克服し、「先行研究で観測された異方性が試料中の同じ場所で確かに観測されることを確認する」、「 a 軸に対して 45° , 135° の方向に沿っても測定を行い、電気抵抗の角度依存性をより詳細に解析する」を目的として測定を行った。その結果、試料中の同じ場所で確かに約 10 倍の面内異方性が存在すること、結晶軸に対して斜め方向にはほとんど異方性がないことを確認することが出来た。



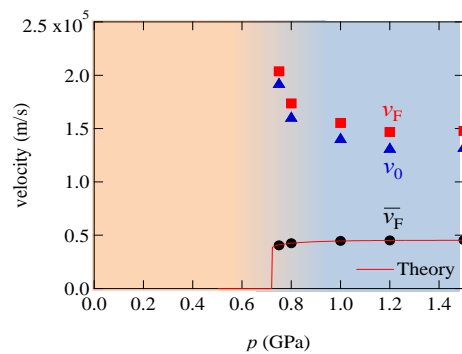
試料の電気抵抗の温度依存性と
電気抵抗の異方性

黒線: $\theta=0^\circ$ 赤線: $\theta=90^\circ$
青線: 電気抵抗の異方性

2 有機ディラック電子系 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ における量子相転移

間瀬 ゆきの

有機導体 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ で、電荷秩序相に隣接した質量ゼロのディラック電子系が実現した。本研究では、「質量ゼロのディラック電子系の電子間相互作用を強くしていくと、どのように電荷秩序相に量子相転移を起こすのか」という問題に取り組み、この系の輸送特性からディラックコーンのパラメーターを調べた。量子臨界点に近づくにつれ、平均フェルミ速度は急激に減少するが、ディラックコーンが k_a 方向に大きく傾くことによることを実験的に明らかにした。一方、オリジナルのフェルミ速度は量子臨界点に近づくにつれて増大することがわかった。

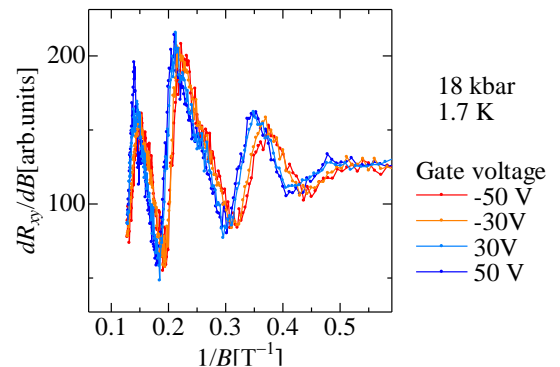


フェルミ速度の圧力依存性

3 電界効果トランジスタを用いた有機ディラック電子系のキャリア注入

山梨 紗英

α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ は代表的な有機ディラック電子系であり、強い電子間相互作用をはじめ、グラフェンと異なる特徴をもった興味深い物質である。しかし圧力下でのみディラック電子系となるため、グラフェンで行われている電界効果トランジスタによるフェルミ準位の制御は難しい。昨年、田島は基板およびゲート絶縁膜に有機材料を使用した α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ トランジスタを作製し、圧力下の電気抵抗をゲート電圧で制御できることを報告した。本研究では電気抵抗に加えホール抵抗も同時に測定可能な α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ トランジスタを作製し、それらの磁場依存性を調べた。その結果、先行研究と同様にゲート電圧でディラック電子の密度を約 9% 変化させることに成功した。また、ゲート電圧を印加した際のホール抵抗の磁場依存性の傾きに変化が見られなかったことから、量子振動成分を除いたホール抵抗はほとんどバルク部分のホール抵抗を反映しており、その傾きや符号は表面の注入キャリアの情報をほとんど含んでいないことがわかった。

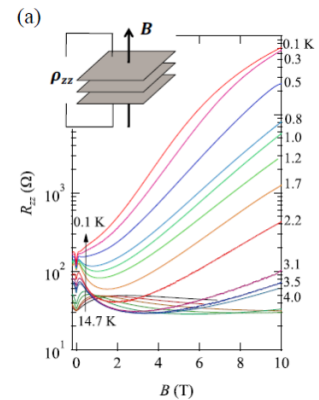


α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ のディラック電子相における
ホール抵抗振動のゲート電圧依存性

4 有機ディラック電子系におけるゼロモード効果

森 彩乃

グラフェンの実現以来、多種の物質で質量ゼロのディラック電子が発見され、固体中電子の一類型として広く認知された。2つの円錐型バンドが上下から角突き合わせた特殊なエネルギー構造に起因する π ベリー位相が物理現象を特徴付けるホールマークとなる。例えば、 π ベリー位相により電子の後方散乱は抑制される。さらに、 π ベリー位相は磁場下で円錐型バンド接点に $N=0$ ランダウ準位(ゼロモード)を常に形成するが、その幅は他の準位と比べて非常に狭いことが理論的に指摘されている。本研究では、有機ディラック電子系 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ を題材に、ゼロモード幅は他の準位よりも非常に狭いことを実験的に実証した。

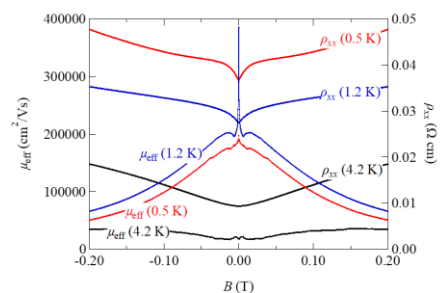


0.1 K から 14.7 K の温度域における層間抵抗の磁場依存性

5 有機ディラック電子系における低温輸送特性

有機導体 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ で実現した質量ゼロのディラック電子系は、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がかなわない特徴がある。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、有機ディラック電子系 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の磁気抵抗効果とホール効果を低温・低磁場下で調べた。2K以下の低温で磁気抵抗が磁場に比例する現象を見出し、その振る舞いは磁場の方向には寄らないことを明らかにした。その磁場領域でキャリア易動度が急激に減少することから、磁場で散乱機構が急激に変化することが示唆された。

福原 緑

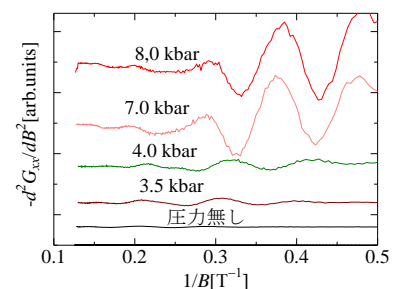


0.5K、1.2K、4.2Kにおけるキャリア易動度 μ (実線)と抵抗 ρ (破線)の磁場依存性

6 有機導体 α -(BETS) $_2$ I $_3$ へのキャリア注入効果によるシュブニコフ・ド・ハース振動の圧力依存性の解析

有機導体 α -(BETS) $_2$ I $_3$ は、圧力下で有機ディラック電子系となる α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の類縁物質であり、第一原理計算によれば常圧でもディラックコーンが存在する可能性が示されている。しかし磁気抵抗測定によれば、常圧でディラック電子は存在せず、18 kbarの高圧下では存在することが確かめられている。そこで本研究では α -(BETS) $_2$ I $_3$ の磁気抵抗の圧力依存性を調べ、普通の電子からディラック電子に変わる圧力を調べた。その結果、正孔を注入時に各圧力下において量子振動が確認され、4.5 kbar から 5.0 kbar の間で普通の電子からディラック電子へと変化することが分かった。このことは低温における金属絶縁体転移に伴ってディラック電子が現れることを示唆している。

馬場 慎太郎

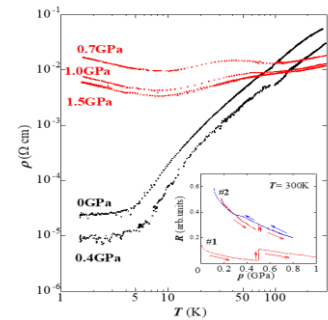


α -(BETS) $_2$ I $_3$ の圧力下量子振動

7 有機導体 θ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の高圧力下電子状態

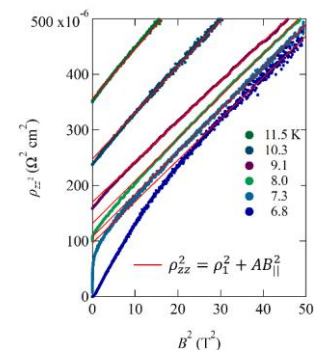
伊東 猛琉

有機導体 θ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ は常圧力下では大きなフェルミ面を持つ擬2次元金属であるが、室温でこの物質に圧力を印加すると約0.5GPaで金属からディラック電子系へ一次相転移することが見出された。しかし、金属からどのようにディラック電子系へと相転移を起こすのか、高圧下のディラック分散関係などまだ未解明である。本研究ではこの物質の高圧下電子状態を明らかにすることを目的に、層間磁気抵抗を調べた。結果、量子磁気抵抗振動及び角度磁気抵抗振動を測定し、その詳細な解析から、高圧下でこの物質ではディラック電子系と通常の電子とが共存していることが判明した。

 θ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の圧力下電気抵抗率8 有機超伝導体 β -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ における超伝導ゆらぎと層間磁気抵抗効果

鐘田 友美

非従来型の超伝導体では、超伝導転移よりも高温から短距離の超伝導状態が生じる超伝導揺らぎ現象が起き、この理解が超伝導機構解明の手掛かりの1つとなつて言われている。これまで、超伝導揺らぎ状態を調べる手段は、NMR測定やネルンスト係数測定が主であった。NMR測定から超伝導のゆらぎは準粒子の状態密度を軽減させることが明らかにされてきた。また、特殊な散乱構造は巨大なネルンスト係数をもたらすことが知られている。しかし、どちらも高磁場を必要とする。本研究では、有機超伝導体 β -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ を題材にして、ゼロ磁場近傍の層間磁気抵抗効果が超伝導揺らぎを検出するのに優れたプローブになることを提案する。

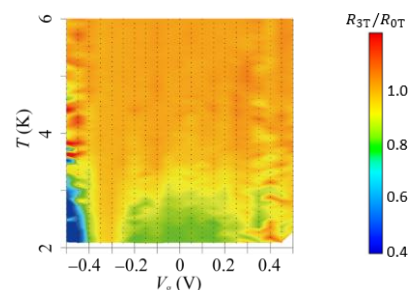


磁場の二乗と抵抗率の二乗の関係

9 κ -(BEDT-TTF)Cu $_2$ (CN) $_3$ のバンド幅-バンドフィリング制御による超伝導相の探索

久保田 祐樹

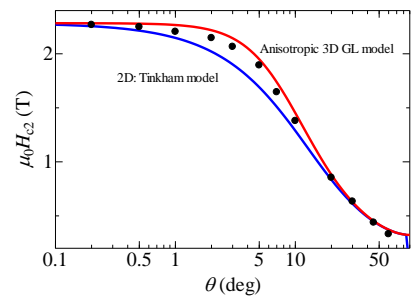
有機反強磁性モット絶縁体 κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu[N(CN) $_2$]Clでは、先行研究でバンドフィリングとバンド幅の同時制御による超伝導相図が得られている。本研究では、この相図が有機反強磁性モット絶縁体に特有の性質であるのかを見出すため、同様の実験を、反強磁性秩序を示さない有機モット絶縁体 κ -(BEDT-TTF)Cu $_2$ (CN) $_3$ で行い、得られた相図を比較した。その結果、 κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu[N(CN) $_2$]Clとよく似たドーピング非対称な超伝導相図が得られたが、そのバンド幅依存性はわずかに異なっており、バンド幅-バンドフィリング相図においてホールドーピング超伝導の方が電子ドーピング超伝導よりも強相領域に広がっていることが分かった。

0.302%のひずみ印加時の R_{3T}/R_{0T} の等高線プロット

10 分子性導体 $\text{EtMe}_3\text{P}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ の一軸圧縮下超伝導

小宮山 翔太

電子対を形成した Valence Bond 秩序 (VBO) 状態からの超伝導転移が分子性導体 $\text{EtMe}_3\text{P}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ の静水圧下で発見され、大変注目されている。本研究では VBO と超伝導の関係性を明らかにすることを目的に、VB を形成する方向への一軸圧縮下で超伝導を実現し、超伝導次元性と超伝導コヒーレンス長を低温・磁場下電気伝導性から調べた。結果、この超伝導状態は静水圧下と同様、異方的 3 次元性であることが分かった。一方、層内と層間のコヒーレンス長はそれぞれ 6.03nm、2.85nm と見積もられた。

EtMe₃P[Pd(dmit)₂]₂ の超伝導次元性