

平成22年 5月 12日現在

研究種目：若手研究（B）
研究期間：2007～2010
課題番号：19740205
研究課題名（和文） 分子性導体における質量ゼロのディラック粒子に対する電子相関効果の理論
研究課題名（英文） Theory on electron correlation effects of massless Dirac particles in molecular conductors
研究代表者
小林 晃人（KOBAYASHI AKITO）
名古屋大学・高等研究院・特任講師
研究者番号：80335009

研究代表者の専門分野：数物系科学
科研費の分科・細目：物理学・物性Ⅱ
キーワード：分子性固体・有機導体

1. 研究計画の概要

分子性導体のゼロギャップ状態における磁場中のスピン揺らぎの増大と磁気抵抗のステップ構造のメカニズムを解明するため、磁場中のディラックコーンにおける電子相関効果を調べ、新奇な電子相の可能性を明らかにする。また、高圧において予想される物性を調べる。さらに新しい分子性ゼロギャップ物質を探索をサポートするため出現条件を研究する。

2. 研究の進捗状況

分子性ゼロギャップ物質 α -(BEDT-TTF)₂I₃ では伝導面に垂直な強磁場下において面内電気抵抗の2段上昇（降温時）とそれに伴う面内磁気抵抗の符号変化が観測されているが、そのメカニズムは解明されていない。研究代表者らはこの強磁場下の実験結果を念頭において、傾斜したディラックコーンをもつ質量ゼロのディラック電子を記述する tilted Weyl Hamiltonian に基づき強磁場下での N=0 ランダウ状態に対する長距離クーロン相互作用の効果を調べた。傾斜のない場合、長距離クーロン相互作用はスピンと擬スピン（2つのディラックコーン（valley）に対応する自由度）の空間において等方的なので、系はゼーマンエネルギーによりスピン分極状態となる。これに対し傾斜のある場合、擬スピン空間での対称性を破る valley 間散乱が出現することがわかった。そこで N=0 ランダウ状態に対するワニエ関数に基づく有効ハミルトニアンを導出し valley 間散乱の効果を調べたところ、擬スピン XY 強磁性が出現す

ることがわかった。さらに擬スピン XY 強磁性が有限温度で実現すれば、より低温で擬スピンの vortex 励起の凝縮による Kosterlitz-Thouless 転移が起こる可能性を見出した。

3. 現在までの達成度

区分①
若手研究(B)での最終的な到達目標は分子性ゼロギャップ物質における電子相関効果の研究および新ゼロギャップ物質探索のサポートである。電子相関効果の研究は当初の計画以上に進展した。

4. 今後の研究の推進方策

分子性導体において新しいディラック電子系の探索のサポートをさらに進展させるため、多様な分子性導体の伝導電子バンドにおけるベリー位相ゲージ場や位相のカイラリティを調べ、電荷秩序ギャップなどにより隠れたディラック電子系を見つけ出す方法論を確立することをめざす。

5. 代表的な研究成果

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計11件）

[1] A. Kobayashi, Y. Suzumura, H. Fukuyama, and M. O. Goerbig, Tilted-Cone-induced easy-plane pseudo-spin ferromagnet and Kosterlitz-Thouless transition in massless Dirac fermions, J. Phys. Soc. Jpn.

78 (2009) 114711. (Papers of Editors' Choice.)

[2] A. Kobayashi, S. Katayama, and Y. Suzumura, Theoretical study of the zero-gap organic conductor α -(BEDT-TTF)₂I₃, Sci. Technol. Adv. Mater. 10 (2009) 024309.

[学会発表] (計 14 件)

[3] Akito Kobayashi, Yoshikazu Suzumura, Hidetoshi Fukuyama, and Mark O. Goerbig, Electron Correlation Effects on Massless Dirac Fermions under Strong Magnetic Field in Organic Conductor α -(BEDT-TTF)₂I₃, The 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM2009), Niseko, Japan, September 12-17, 2009 (Invited)

[4] A. Kobayashi, Y. Suzumura, and H. Fukuyama, Theory on Electronic Properties of Dirac Electrons in Organic Conductors, The International Symposium on Anomalous Quantum Materials 2008 (ISAQM2008) and the 7-th Asia-Pacific Workshop, Tokyo, Japan, November 7-10, 2008 (invited)

[5] A. Kobayashi, Y. Suzumura, and H. Fukuyama, Theory on Electronic Properties of Gapless States in Molecular Solids, α -(BEDT-TTF)₂I₃, The 9th International Symposium on Foundations of Quantum Mechanics in the Light of New Technology - ISQM-TOKYO' 08, Hitachi, Ltd. Hatoyama, Japan, August 25-28, 2008 (invited)

[図書] (計 1 件)

[6] 福山秀敏、秋光純 (編) : 超伝導ハンドブック、朝倉書店、44p., 2009. (分担執筆)

[その他]

[7] 小林晃人、強磁場中の電子状態を劇的に変える、科学新聞、2009年11月27日