

### 3次元曲面グラフェン上ディラック電子におけるトポロジー効果

#### Topology effects on Dirac electron in three-dimensional curved graphene

○岡本 拓也<sup>1</sup>、伊藤 良一<sup>2</sup>、藤田 武志<sup>3</sup>、河野 行雄<sup>1</sup>

(1. 東工大 未来研、2. 筑波大 数理物質系、3. 高知工科大 環境理工学群)

○Takuya Okamoto<sup>1</sup>, Yoshikazu Ito<sup>2</sup>, Takeshi Fujita<sup>3</sup>, Yukio Kawano<sup>1</sup>

(1. FIRST, Tokyo Tech, 2. Graduate School of Pure & Applied Science, Tsukuba Univ.,

3. School of Environment Science & Engineering, Kochi University of Technology)

E-mail: okamoto.t.ap@m.titech.ac.jp

**【序】**トポロジーという数学的な概念が新たな物質観を確立し、トポロジカル絶縁体などの革新的な新規材料や機能性実現の舞台として注目されている。中でも空間的トポロジーは波動性を有する電子や光子、フォノンなどのバンドトポロジーを制御することを可能とし、それを応用した新規デバイスが盛んに研究されている。本研究では2次元材料のグラフェンを多孔質構造によって3次元化した3次元曲面グラフェン [1] における空間的トポロジー効果の研究を行った。この材料の特徴は、多孔質構造の孔(トポロジー)をデザインすることで電子・光・熱物性を自在に変化させられる点であり、柔軟なデバイス応用が期待されている。しかしながらそれらを特徴付けるトポロジー効果の起源は未だ明らかになっておらず、応用展開に向けた詳細な理解が必要不可欠である。本発表では、磁気抵抗効果からトポロジー効果の物理的背景を明らかにしたのでそれを報告する。

**【実験】**異なる孔径(100~300nmと1 $\mu$ m)を有する3次元曲面グラフェンを無冷媒4K冷凍機で冷却し、磁気抵抗効果のトポロジー依存性を調べた。各々の孔径の試料における規格化した磁気抵抗を図1(a)に記す。大きな孔(~1 $\mu$ m)の試料では古典的な抵抗上昇を示したが、孔径の小さな(100-300 nm)試料では負の磁気抵抗(弱局在)が観測された。この結果からグラフェンの弱局在の理論式 [2] を用いて、谷間散乱レート $\tau_i^{-1}$ 、非弾性散乱レート $\tau_\phi^{-1}$ を算出した。それらの比 $\tau_i^{-1}/\tau_\phi^{-1}$ の温度依存性を図1(b)に記す。極低温下において孔の小さな試料では谷間散乱が支配的であり、温度上昇すると孔径に関わらず非弾性散乱が支配的となることが分かる。この谷間散乱のトポロジー依存性は、3次元構造に起因した曲率から要請されるトポロジカル欠陥によるBerry位相の変化から理解でき、それが全体の電子システムを決定づけていることを明らかにした。

**【結論】**3次元曲面グラフェンにおけるトポロジー効果の物理的背景がトポロジカル欠陥であることを明らかにした。これはデバイス応用への具体的な性能指針を与えると共に、新機能性実現の可能性を示す。本発表ではトポロジー効果とディラック電子系が織りなす特異物性についても議論を行う予定である。

[1] Y. Ito, *et al.*, *Angew. Chem., Int. Ed.* 126, 4822 (2014).

[2] E. McCann, *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, 97, 146805 (2006).

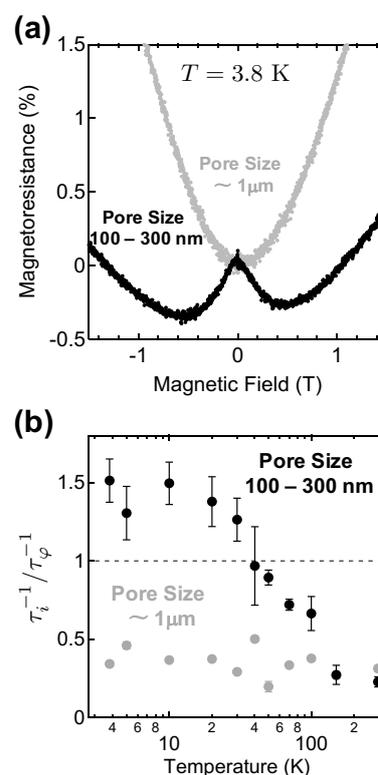


図 1: (a) 磁気抵抗効果

(b) 散乱レートの比  $\tau_i^{-1}/\tau_\phi^{-1}$  の温度依存性