

ナノグラファイトの電子物性

筑波大物質工 伊神 正貴

1 はじめに

フラーレン類の発見を契機に、ナノスケールで sp^2 炭素が織りなすネットワークの多様性に注目が集まっている。その中で欠陥を持つカーボンナノチューブや、活性炭などのアモルファスカーボンといった、グラファイトの断片であるナノグラファイトが構成単位と考えられる系で、その π 電子ネットワークの端の重要性が指摘されている。我々は、これまでグラファイトにおける端の形状とサイズ効果が π 電子状態に与える影響に注目し、その効果を 1 次元グラファイトリボンを用いたバンド理論の立場から解析してきた。特に zigzag 端 (図 1 (a)) を持つリボンでは端に局在する「エッジ状態」が、フェルミ準位付近にほとんど分散のないバンドを形成することが分かっている。これまでに、エッジ状態の状態密度への寄与はリボンが nm サイズの幅を持つ時最大になることや、電子間相互作用を通じて端の 2 配位サイトでスピン分極を持つ解が得られる可能性などが示されている [1][2]。ポスターでは、ナノグラファイトにまつわる最近の研究紹介と、zigzag リボンのフェルミ不安定性を考えるうえで電子間相互作用と共に重要と考えられる電子格子相互作用に注目し、グラファイトリボンにおける格子歪みの可能性を拡張 SSH モデルを用いて調べた結果を合わせて発表する。

2 zigzag リボンのエッジ状態

グラファイトの典型的な端には、zigzag 端 (図 1 (a)) と armchair 端 (図 1 (b)) がある。そのうち特に zigzag 端を持つグラファイトリボンでは、フェルミ準位近傍の波数 $2\pi/3 \leq k \leq \pi$ にグラファイトには見られない、ほとんど分散のないバンドが形成されることが分かっている (図 2)。このバンドの波動関数は zigzag 端に局在した状態を持つことから、エッジ状態と呼ばれている。エッジ状態の波動関数を、波数 $k=\pi, 7\pi/9, 2\pi/3$ の場合について示したのが図 3 (a)-(c) である。ここで円の半径が波動関数の振幅、色がその符号を表している。波数 $k=\pi$ で波動関数は端の 2 配位サイトに完全に局在しているが、 $k=2\pi/3$ に近づくにつれ、徐々に内部に浸透していく様子が分かる。この波動関数の特徴は、グラファイトの A、B 副格子のうち片方の副格子のみに状態を持つ非結合状態であるという点である。

3 グラファイトリボンの格子歪み

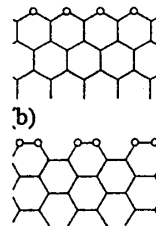
zigzag リボンはフェルミ準位近傍に、エッジ状態に起因する状態密度の大きなピークを持つため、電子格子あるいは電子間相互作用により極めて強いフェルミ不安定性を示すことが予想される。そこで電子格子相互作用によりグラファイトリボンの電子状態が、どの様に変化するかを armchair・zigzag の典型的な端を持つリボンについて拡張 SSH モデルを用いて調べた [3]。

[1] M. Fujita, K. Wakabayashi, K. Nakada and K. Kusakabe: J. Phys. Soc. Jpn 65 (1996) 1920.

[2] K. Nakada, M. Fujita, G. Dresselhaus and M. S. Dresselhaus: Phys. Rev. B 54 (1996) 17954.

[3] M. Fujita, M. Igami and K. Nakada: J. Phys. Soc. Jpn 66 (1997) (in press).

図 1(a)



b)

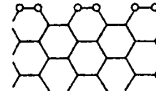


図 2

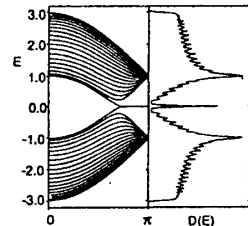
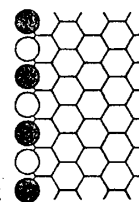
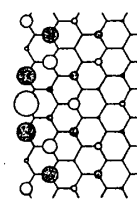


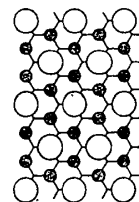
図 3(a)



(b)



(c)



メゾスコピック電子衝突における量子干渉効果

山本喜久*, **, Robert Liu*, 樽茶清悟**

* ERATO 量子ゆらぎプロジェクト、スタンフォード大学

** NTT 基礎研究所

2つの同一粒子が衝突した場合、粒子(1)が検出器(1)で検出され、粒子(2)が検出器(2)で検出される確率振幅と、その逆、すなわち、粒子(1)が検出器(2)で検出され、粒子(2)が検出器(1)で検出される確率振幅は区別がつかない。フォトンのようなボゾン粒子の場合、上記2つの確率振幅は同位相で干渉を起こし、その結果、1つの検出器で2つの粒子が同時に観測される確率が大きくなる。これをバンチング効果と呼ぶ。電子のようなフェルミ粒子の場合、上記2つの確率振幅は逆位相で干渉を起こし、その結果、1つの検出器で2つの粒子が同時に観測される確率は抑圧される。これをアンチバンチング効果と呼び、パウリ排他律の物理的起源である。ボゾン粒子の衝突実験は報告例があるが、フェルミ粒子についてはこれまで実験例がなかった。我々はメゾスコピック電子系で初めてフェルミ粒子の衝突実験を行い、分岐雑音の抑圧を観測したのでその結果を報告する。