一次元および擬一次元電子系に関する理論的研究

Nara Women's University

自然科学系・物理学領域　**吉岡　英生**　教授　YOSHIOKA Hideo　博士(理学)(東京大学)

■研究キーワード　一次元/擬一次元/電子相関/量子ゆらぎ

■主な所属学会　日本物理学会

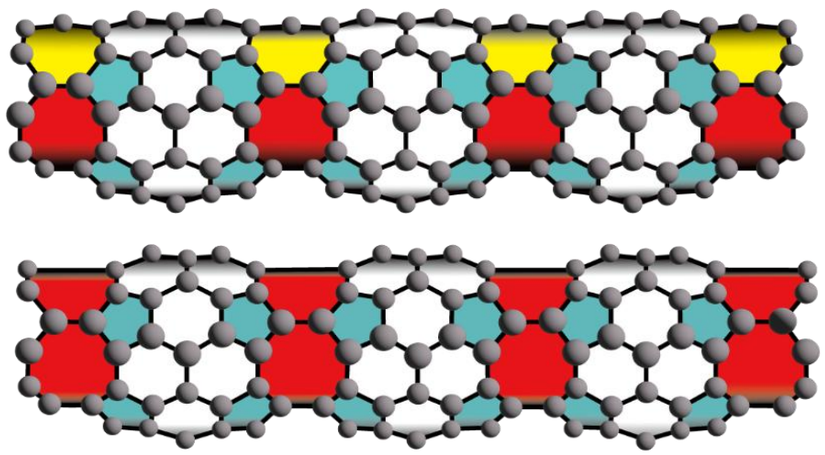
■研究者総覧　https://koto10.nara-wu.ac.jp/profile/ja.a28f89d4d1ffe3cb520e17560c007669.html

研究者総覧

研究概要

我々が住む空間は三次元ですが、物質中の電子がその三次元空間を自由に運動できるとは限りません。電子の運動が線上(一次元)や面上(二次元)に制限されることがあります。これらの物質は低次元電子系と呼ばれ、新たな現象や概念の宝庫であるとともに、新機能の発現の舞台として、盛んに研究が進められています。このような低次元物質は、物質を構成する原子や分子間の結合を制御することで作製できるほか、微細加工技術を用いて電子を閉じ込めることによっても実現されます。

私は、分子で構成された導体である分子性導体や、炭素原子のみからなる擬一次元物質であるカーボンナノチューブ、グラフェンナノリボンなどを対象に、一次元および擬一次元電子系の性質を理論的に研究しています。これらの電子系では、量子揺らぎが重要な役割を果たし、電子間の相互作用の効果が顕著になります。その結果、従来の物質では見られなかった新しい現象が出現する可能性があり、それらは我々に新たな機能をもたらすかもしれません。



第一原理計算によって得られたフラーレンポリマーの2つの安定構造。
赤は8員環、黄色は7員環、白は6員環、青は5員環を表す。

研究のプロセス・研究事例

左下図に示した物質は、フラーレン分子（炭素原子60個からなるボール状の分子）が一次元的に重合してできた擬一次元物質であるフラーレンポリマーです。理論的に２種類の安定構造が予言されています。この２種類の構造は大変よく似ています。これらの安定構造の中を運動する伝導電子のバンド分散も計算されています。このバンド分散に対して、ボソン化法を適用します。この手法を用いると、一次元電子系の性質に重要な役割を果たす電子間相互作用を合理的に取り込むことができます。この手法を用いて、光を物質に照射した時飛び出てくる電子を観測する実験で得られる量である状態密度[1]とスペクトル関数[2]を計算しました。すると、この二つの安定構造の状態密度には大きな違いはないのですが、スペクトル関数には大きな違いが現れました。すなわち、スペクトル関数を測定することにより、どちらの安定構造が実現しているかを実験的に検証できることを示しました。

なお、この物質は、カーボンンナノチューブに周期的な凸凹を付加した物質とみなすことができます。曲がった空間を運動する電子は空間幾何構造に起因する電磁場を受けることが知られています[3]。ここで紹介した研究結果とカーボンナノチューブの結果を比較することにより、幾何誘起有効電磁場の検証を行うことができます。

参考文献

[1] Hideo Yoshioka, Hiroyuki Shima, Yusuke Noda, Shota Ono, Kaoru Ohno : Phys. Rev. B **93**, 165431 (2016)
[2] Mayu Nishimoto, Hideo Yoshioka, Hiroyuki Shima : J. Phys. Soc. Jpn. **93**, 014701 (2024)
[3] 例えば、島弘幸、小野頌太、平久夫：表面科学 **30** 652-658 (2009)

お問い合わせ：奈良女子大学社会連携センター　Tel:0742-20-3734　Mail:liaison@cc.nara-wu.ac.jp

更新日：2025年1月1日