

## <研究室紹介>

### (1) 超伝導のメカニズムや特徴を探る

東京大学大学院理学系研究科・小形研究室(小形正男)

Search for Superconductivity Mechanisms and Characteristics  
Masao Ogata Labo in Department of Physics, University of Tokyo

#### (1) 研究室紹介

私の研究室は、助教の松浦弘泰さん(阪大三宅研出身)と大学院生は博士課程も含めて大体6名程度います(各学年1~2名)。研究室全体としての方向性は「強相関電子系」ですが、大学院生個人個人の好みによって様々な研究をすることを推奨しています。今までの研究テーマは、銅酸化物高温超伝導体から始まってホットな話題の超伝導体、有機導体での超伝導やモット絶縁体、フラストレーションのあるスピン系、2次元ヘリウム3の系、重い電子系などです。最近ではさらにグラフェンにおける近藤効果や、単体Biでのディラック電子によるスピンホール効果、 $\text{Ca}_3\text{PbO}$ という新しい物質におけるディラック電子の予言などということにも手を出しています。理論はお互いに関連する部分も多く、近接の分野での話題やテクニックをよく知っておくことは非常に重要ですので、各人お互いの距離を微妙に保ちつつ楽しくやっています。

研究室の設備としては、写真のようなコンピュータがあれば十分です(冷暖房完備の別室にあります)。理論の基本は未だに紙と鉛筆による計算で、その式を元にコンピュータにかけることがあるという感じです(人によっては激しい数値計算を中心に研究することもあります)。理論計算の場合、実験事実とは異なって、「ゆるぎない結果」というものはなかなか得られません。(厳密解が得られた場合だけです。)物事の本質を見極めようと、単純化したモデルを用いますし、計算の途中では様々な近似を用います。得られた結果が実験と合わなければ、モデルが悪いとか近似が悪いとか言われてしまいます。そのため、(ここが難しい所なのですが)アイデアで勝負するしかありません。途中の近似が荒っぽくても、またアヤフヤでも(よくあります)、出発点のアイデアと出てきた結果が面白ければ素晴らしい!ということになっています。実際、超伝導のBCS理論も、相当大胆な仮定の連続からなっているとも言えます。



超伝導研究は、BCS理論から出発して高温超伝導体の研究の歴史を経て、現在ではいろいろなテクニックが完備されています。近似方法としては平均場近似、GL理論、RPA近似、FLEX近似(動的なスピン揺らぎなどを考慮したRPA近似)、実空間を扱えるBogoliubov-de Gennes方程式などです。現在はコンピュータも早くなりソフトも充実していますので、大学院生が1か月も頑張ればFLEXなどまで簡単にマスターできるという時代になりました。このためどのようなモデルを立てるか、どのような物性に注目するかというアイデアの勝負になります。

#### (2) これまでの成果、最近のトピックス

最近我々の研究室で超伝導に関して研究してきたものを挙げますと、高温超伝導のRVB理論の数値的な裏付け(モット転移の本質とRVB理論との関連)、エキジチックな超伝導の提唱( $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ のようにスピン軌道の入った場合、有機導体における電荷ゆらぎによる*f*波超伝導)、鉄系超伝導体の新奇なメカニズム(少数キャリアによる excitonic なものや、軌道選択モットと関連したもの)、鉄系超伝導体における非磁性不純物近傍での電子状態(STS)による $s^{+-}$ 波と $s^{++}$ 波の識別方法の提唱、などです。

理論ばかりで暴走しますとどうしようもなくなりますので、常に実験からのインプットがとても重要です。新しい現象や、面白そうな現象が見つかりましたら、ぜひご相談下さい。

### (3) 連絡先

研究室のホームページは <http://hosi.phys.s.u-tokyo.ac.jp> (hosiは星です。もとはsola(空)とかumi(海)とかがあった名残です。)理論の研究者が普段していることを知りたければ「理論物理学者への道」という駄文もあります。

<http://hosi.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~ogata/daigakuin.html>

煙と理論屋は高い所に上りたがりますので(又は、高い所に追いやられますので)、研究室は理学部1号館の9階にあります。下図のように研究室の窓は東側を向いていて見晴が素晴らしい。上野の山から遠くスカイツリーが真正面に見えます。



(左) 院生室と黙々と計算する院生。

(右) 左の写真中の窓から見えるスカイツリー。そのふもとの右側に吾妻橋のアサヒビールの黄色いオブジェが小さく見えています。