

## 超伝導の不思議

大学院工学研究院・大学院工学院  
(工学部応用物理工学コース)

あさの やすひろ  
准教授 浅野 泰寛



出身高校: 中村高校(愛知県)  
最終学歴: 名古屋大学大学院工学  
研究科

専門分野: 物性物理学, 理論物理学

研究のキーワード: 超伝導, トポロジカル物質, ナノ構造科学

HP アドレス: <http://zvine-ap.eng.hokudai.ac.jp/~asano/index.html>

## 超伝導現象

**超伝導**は電気抵抗がゼロになる物理現象として知られています。もし室温で超伝導が起これば、快適かつ持続可能な社会の実現に貢献できるかも知れません。1980年代の中頃から銅酸化物高温超伝導体の研究が爆発的に行われ、21世紀には室温超伝導が可能だという展望もありましたが、残念ながら現在でも超伝導転移温度は200ケルビンには遠く及びません。超伝導は、鉛やアルミニウムといった普通の金属元素を極低温に冷却すれば普遍的に発現し、決して特別な物質だけで見られる現象ではありません。変わった例として、ダイヤモンドや高压下の酸素でも超伝導が起きる事が知られています。

固体中の2つの電子に引力相互作用が働く事が、超伝導発現の源です。ご存じのように電子は負の電荷を持つので、2つの電子の間にはクーロン斥力相互作用が働き、とても引力が働くとは思えません。しかし固体の中では、クーロン斥力を弱めたり、引力を強めたりする機構が備わっていて、小さいながらも引力が勝つことが出来るのです。このようにして出来た電子の対は、存在を予言した人の名を冠してクーパー対と呼ばれています。

超伝導現象には幾つかの応用例があります。最も良く知られているのが、超伝導体が反磁性(磁石を近づけると反発する性質)を用いたリニアモーターカー、脳の断層写真を撮る磁気共鳴イメージング(MRI)、また直流送電の実験的な試みもなされています。まだ実現には至りませんが、いま最も注目されているのが量子コンピューティング・デバイスへの応用です。このためには、「トポロジカルに非自明な超伝導」の実現とその制御が不可欠なのです。銅酸化物高温超伝導も、このトポロジカルに非自明な場合に相当します。

## 何をどのように研究しているのでしょうか？

物理学は実証科学で、実験的研究と理論的研究がその両輪をなします。実験的に観測された現象がなぜ起きるのかを説明することが理論の役目です。また逆に、理論的な予言を実験に於いて実証する事で物理学が発展してきました。私たちの研究室では、超伝導現象の理論的研究を行っています。多くの実験結果によって、その正しさが裏付けられた超伝導の基礎理論から出発して、トポロジカルに非自明な超伝導はどのような特異な物理現象を示すのだろうか？また、それはどのように観測すればよいのか？という問の答えを探しています。計算機を用いて簡単な数値シミュレーションも行いますが、主に方程式を解析的に解き、物理現象を数学的に記述することを目指しています。ですから残念ながら、こ

ここで読者の皆さんに胸を張ってご紹介できる実験装置はありません。ある自然現象を目にしているとき、それが何故起きるのか、を解き明かすのが物理学という学問です。実験的研究と理論的研究は手段こそ違いますが、その目的は同じです。

### なにがおもしろいのでしょうか？

超伝導がどうして起きるのか？は大体分かっています。しかし、様々な形状や大きさをもつ超伝導体を示す自然現象はまだ良く分からないことが多いのです。特に超伝導体が普通の金属、強磁性体、半金属と接合したとき、それら超伝導体の相方になる物質の中で、電気伝導や磁気応答などの電磁気学的現象が大変多彩なものになります。これは前に述べたクーバー対が、相方の物質へ染みこんで、その物質の性質を変えてしまうために



図 1, 学生と議論する

起きる現象で、近接効果と呼ばれています。トポロジカルに非自明な超伝導体が注目されている理由のひとつに、この近接効果が劇的に強いことがあげられます。どのような超伝導体を選ぶか、またどのような相方を接合するか、その組み合わせによって、とても不思議な現象が起きる事がしばしばです。

超伝導に限らず、ある物理現象が何故起きるのかが腑に落ちた刹那、またそれを美しく記述できた瞬間、が理論物理学に携わる者にとって至福の時です。そんな機会は滅多に訪れませんが、またいつかそうした歓喜を味わえる事を信じて、方程式と格闘する日々を送っています。

### 学生の皆さんへのメッセージ

意外に思われるかも知れませんが、物理学は（おそらくは数学も）ずいぶん情緒的な学問だと思います。自然現象を相手にしていますが、私たち人類も自然の一部分をなしています。日々の暮らしの中で、よく自然に触れる機会を大切にしてください。この島国は、はっきりした四季を持ち、それを表現する言語もまた独特です。特に十代の時にしか感じる事のできない喜怒哀楽や大きな感情の揺れを、移りゆく季節の断片とともに心にとめて下さい。そうして気づかぬうちに育まれる物の感じ方や考え方が、自然の不思議を解き明かす力になっている気がするのです。