

訪問日 2014年7月8日

大阪大学 大学院 理学研究科 物理学専攻 小林 研介 教授

研究題名：高精度ゆらぎ測定を用いた非平衡スピン依存伝導の研究

### 大阪大学・小林研介先生を訪ねて

豊中キャンパスの理学研究科の建物に小林先生をお訪ね致しました。ネクタイを着用して我々の到着するのを待っていたかのように、プロジェクターが用意され、説明資料が机の上に置かれていました。恐縮の限りです。研究室のスタッフも紹介され、先生の人柄が窺い知れる訪問でした。贈呈式での文科省の方のご挨拶と矢崎総業の矢崎会長との会話が印象的だったようで、また参加者の何人かは面識のある方がおられ、有意義な贈呈式だったようです。

先生のグループは量子多体グループと言い、電子の電荷・スピン・コヒーレンス・電子間相互作用など、半導体で量子効果を制御する研究です。当日はどのような動機で実験しているか、具体的に何をしているかなど、我々に配慮して分かりやすく概要をご説明いただきました。物性物理／材料科学、ナノテクノロジーの進展により、量子力学効果を本質とする人工量子系、メソスコピック系などの新しい研究分野が誕生したとのこと。

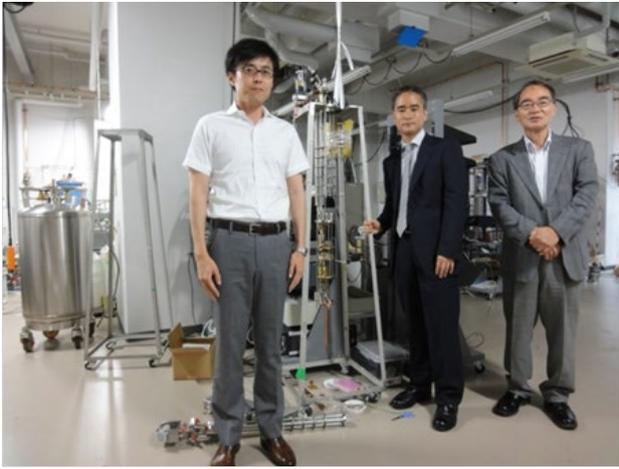
そのきっかけは1980年代に当時半導体技術の最高峰であるIBMにより、1 $\mu$ m程度の金のリング状回路により、低温で1個の電子が2つに分かれ、波のように干渉する現象が見出されたことです。先生の研究はこれを更に発展させようとするものです。金属や半導体などを使い、小さな回路にするなど素子をデザイン（制御）することで、これまで不可能だったことができるようになると思います。素材としては金だけではなく、グラフェン、ナノチューブ、有機分子などがありますが、先生は主に半導体の2次元電子系を使っています。これは界面に電子を閉じ込めることができるので色々な研究ができ、先生は電子1個を閉じ込める人工原子を作り、ゲート電圧により1個1個の電子のやり取りを制御しています。更に電子干渉計に人工原子を埋め込み、電子は波として伝わるが、人工原子の所では電子は1個2個と通過することで、面白い現象が生じることを実証しています。先生の目指すのは、量子力学が本当に正しいのか、アインシュタインが疑問に思ったことを、現在の技術で実証してみたいとのこと。

助成研究は固体素子を使った非平衡物理の研究です。熱力学第2法則の不可逆変化がどうして起こるのかを、ミクロな素子を使って1個の電子を追っています。電子を流す非平衡状態で、電子が逆にも流れることが分かりました。これは、先生の研究の「ゆらぎの定理」に基づく現象です。ゆらぎの定理は第2法則を定量的に記述しており、微小系に限って言えば、短時間では第2法則が破れてもよいとのこと。1個の電子の電荷とスピンの絡み合いの研究で世界最先端の物性物理実験です。

先生は、湯川朝永奨励賞（2010年度）、久保亮五記念賞（2012年度）、日本学術振興会賞（2013年度）、日本学士院学術奨励賞（2013年度）などを受賞され、ファノ効果と呼ばれるユニークな共鳴干渉現象、強い量子効果の下にある非平衡系において世界で初めて「ゆらぎの定理」を実証、「ファノ近藤効果」の実現など、微小な半導体固体量子素子を自在にデザインし、物質があわせ持つ波動性と粒子性の二重性が同時に顔を出すいくつかの新しい量子力学的効果を実証しました。

実験室では、外界の熱の影響を考慮して、希釈冷凍機によりミリケルビンという絶対零度に近い環境下で、カーボンナノチューブ1本の電流の揺らぎ（10-15Aのレベル）の計測を行っていました。固体素子の物性物理の魅力に引かれる訪問でした。

（2014年7月8日訪問、技術参与・飯塚）



0.01Kを実現する希釈冷凍機の前で：  
中央が先生

