

工学系研究科  
物理工学専攻

# 井手上研究室



准教授 井手上敏也

層状物質を剥離して得られる2次元結晶やそれが丸まったナノチューブに代表されるナノ物質は物質科学の新しい舞台として近年大きな注目を集めています。これらは3次元結晶にはないユニークな物性と機能性を示すことに加え、デバイス化や電場・磁場・圧力などの外場印加、電気化学的手法、曲率構造やヘテロ界面の作製等によって、物質の対称性や固体中の量子力学的自由度を自在に制御することができます。私たちは、そのような量子ナノ物質特有の電気伝導特性や超伝導物性、光学特性の発見と理解によって、物質科学のフロンティアを開拓しています。

以下に最近の研究内容の例を挙げますが、これら以外にも世界でまだ誰も見たことのない新現象がたくさんあるはずで。我々と一緒にそのような新物性や面白い機能性を探索してくれる方、物質科学の新しい潮流に興味のある方の参加をお待ちしています！

## ナノ物質の対称性と量子自由度を自在に制御して新物性・機能性を創発する

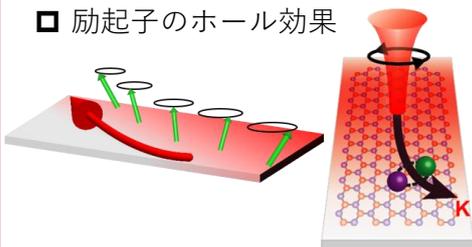
この図は、ナノ物質の合成からデバイス化までの研究プロセスを示しています。左側には、グラフェンとNb<sub>3</sub>Cl<sub>8</sub>の薄膜・ナノチューブ・曲率構造のイメージが示されています。中央には、グローブボックス・ヘテロ界面作製装置とクリーンルーム（物性研共用）での転写・ヘテロ界面作製・ナノファブリケーションの様子が写っています。右側には、電解質ゲート（ゲート電極、イオン液体、試料）を用いた装置と、顕微磁気光学応答測定と光学・電子輸送測定の装置が示されています。また、極低温電気伝導測定の装置と測定原理の図も含まれています。

⇒新現象の発見・新しい学理の構築

### 素励起のホール効果

固体中の様々な素励起の流れを量子力学的効果で曲げる

- マグノンホール効果
- 巨大フォノンホール効果
- 励起子のホール効果

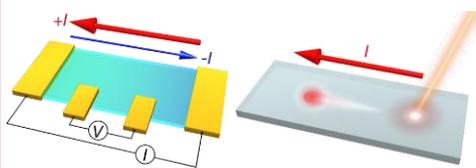


Science **329**, 297 (2010)  
Physical Review B **85**, 134411 (2012)  
Nature Materials **16**, 797 (2017)  
Nature Materials **16**, 1193 (2017)

### 量子整流現象

半導体p-n接合を必要としない整流効果の新原理

- 非相反磁気輸送
- 超伝導ダイオード効果
- バルク光起電力効果

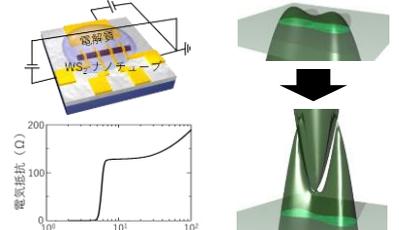


Nature Physics **13**, 578 (2017)  
Science Advances **3**, e1602390 (2017)  
Nature **570**, 349 (2019)  
Science **372**, 68 (2021)  
Nature Communications, **13**, 1659 (2022)  
Nature Nanotechnology **18**, 36 (2023)

### 量子相制御

量子物質の様々な状態をコントロールする

- 電界誘起超伝導
- 圧力誘起トポロジカル相転移
- 電場による磁性制御



Nature Communications **8**, 14465 (2017)  
Proc. Natl. Acad. Sci. **116**, 25530 (2019)  
Science Advances **6**, eaay9120 (2020)  
Nature Electronics **6**, 28 (2023)