

## 【基盤研究(S)】

### 大区分B

## 研究課題名 強相関量子凝縮相における回転対称性の破れの検証



京都大学・大学院理学研究科・教授

まつだ ゆうじ  
松田 祐司

研究課題番号：18H05227 研究者番号：50199816

キーワード：強相関電子系、量子スピン系、ネマティック転移、回転対称性

### 【研究の背景・目的】

銅酸化物高温超伝導体、鉄系高温超伝導体、重い電子系化合物に代表される様々な強相関電子系において、結晶格子の回転対称性を自発的に破る電子ネマティック状態が発見されつつある。この状態の解明は、擬ギャップ形成、非従来型超伝導、隠れた秩序、量子臨界点などの長年にわたる凝縮系物理学の大問題と密接に関わっている。さらに絶縁体においても、強い量子揺らぎのために磁気秩序が破壊された量子スピン液体は、近年いくつかの候補物質が発見され、新しい量子凝縮体として大きな注目を集めている。量子スピン液体の基底状態はほとんど理解されておらず、どのような対称性の破れが起こっているかは最大の謎となっている。この系において、結晶の回転対称性を自発的に破る相が存在するかどうかの検証は、トポロジカル秩序等と密接に関係しており、新奇量子相の探索にも強力な指針をもたらすことが期待できる。本研究では、前例のない精度で回転対称性の破れを検出できる様々な装置を開発し、世界に例を見ないユニークな測定を組み合わせることによって、強く相互作用する量子凝縮体の研究にブレークスルーをもたらすことを目指す。

### 【研究の方法】

本研究では、様々な方法で、回転対称性の破れを検出できる装置を開発する。まず50mKの極低温から400Kまでの室温よりも高い温度の広範囲の温度域で、カンチレバーを用いた磁気トルク測定を行うことのできる装置を開発し、7Tの横磁場印加できる強磁場磁石と、ピエゾ式回転機構を組み合わせることにより(図1)、これまでよりも一桁高い感度で回転対称性の破れを検出できるようにする。さらに、結晶を精密に一軸圧で制御できる装置と極低温走査トンネル顕微鏡を組み合わせ、回転対称性の破れをミクロに検出する。また、ピエゾ素子を用いて結晶にる装置を開発する。

### 【期待される成果と意義】

強く相関し合う粒子から構成される量子多体系においては、様々な対称性の破れがあることは知られている。近年、強相関電子系あるいは量子スピン系において、電子やスピン状態が自発的に結晶格子の回転対称性を破ったネマティック状態が、非常に大きな注目を浴びている。本研究により、鉄系超伝導体、銅酸化物高温超伝導体、重い電子系化合物な

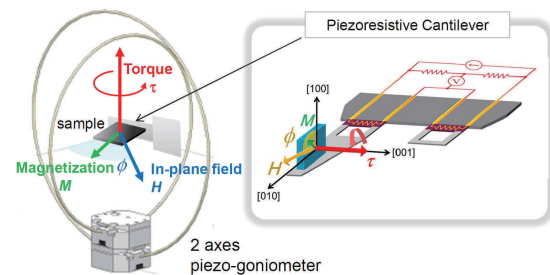


図1. 超高感度面内磁気トルク測定の様式図。ピエゾ駆動式精密2軸ゴニオメータとスプリット型高磁場マグネットを組み合わせ従来にない高感度測定を実現。

どの強相関電子系超伝導体や、イリジウム化合物などの強いスピン・軌道相互作用を持つ強相関電子系、そして新しい量子凝縮相である量子スピン液体における回転対称性の破れを解明する。これらは、強相関凝縮系の長年にわたる問題を解決する鍵となる可能性があるだけでなく、新奇量子相の開拓の強力な指針を与える可能性がある。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Y. Sato, *et al.* "Thermodynamic evidence for a nematic phase transition at the onset of the pseudogap in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ " *Nature Phys.* 13, 1074–1078 (2017).
- S. Kasahara *et al.* "Electronic nematicity above the structural and superconducting transition in  $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ " *Nature* 486, 382-385 (2012).
- R. Okazaki *et al.* "Rotational Symmetry Breaking in the Hidden-Order Phase of  $\text{URu}_2\text{Si}_2$ " *Science* 331, 439-442 (2011).

### 【研究期間と研究経費】

平成30年度–34年度  
152,500千円

### 【ホームページ等】

<http://kotai2.scphys.kyoto-u.ac.jp/index.php>  
[matsuda@scphys.kyoto-u.ac.jp](mailto:matsuda@scphys.kyoto-u.ac.jp)