

## 1. 研究スタッフ (2017年4月現在)

教授: 大熊哲 助教: 金子真一、家永紘一郎

## 2. 研究の概要

超伝導をはじめとし、低次元電子系や乱れた系などの極低温における電子物性・輸送現象を研究しています。最近では、超伝導体の渦糸(磁束量子)状態に関する研究に力を入れています。極低温下で多様な物質の中にどのような共通した性質がみられるか、さらに超伝導の枠を越え、これまで知られていないどのような新しい物理や普遍的な物理現象が潜んでいるかを、新しい測定手法を開拓しながら探究することが研究の目的です。

## 3. 特色ある装置

10 mK の極低温、16 T の強磁場下で適用可能な 1 GHz 域迄の高周波輸送測定を開発・駆使し、極低温における電子状態と渦糸の静的・動的状態を調べています。特徴ある測定手法として、フロー運動する渦糸系の格子性および融解転移を検出するためのパルス波を用いたモードロック共鳴(シャピロステップ)法、静的および動的渦糸状態を検出する電圧ノイズスペクトラム、複素交流インピーダンス、高速緩和現象測定法などがあります。さらに、高速駆動された渦糸格子の実空間実時間測定をするための極低温-高磁場 STM/STS やポイントコンタクト法も開発しています。一方、高品質の超伝導アモルファス超薄膜を成膜するための超高真空多元電子ビーム蒸着・スパッタリング装置、試料を微小なコルビノディスクやチャンネルに加工し配線付けを行うための微細加工装置・ワイヤーボンダー等を有しています。

## 4. これまでの成果、最近のトピックス

### 4.1 量子ゆらぎに起因する新しい渦糸相の発見

乱れたアモルファス超伝導体を用い、渦糸グラス固体相から液体相への 2 次の融解転移が起こることを従来型超伝導体として初めて明確に実証し、全温度-磁場域にわたる渦糸相図を完成させました[1]。さらに、絶対零度極限でも渦糸系が量子力学的に融解した液体状態—量子渦糸液体(QVL)相—が存在すること、そして乱れの増加が量子ゆらぎを強めることを通して QVL 相を広げることを実証しました[2,3]。ゆらぎが強い 2 次元系では QVL 相はさらに広がり、絶対零度近傍では、クーパー対が局在した従来にない新しいタイプの絶縁体相となっていることがわかりました。

[1] S. Okuma, Y. Imamoto, and M. Morita, *Phys. Rev. Lett.* **86** (2001) 3136.

[2] S. Okuma, S. Togo, and M. Morita, *Phys. Rev. Lett.* **91** (2003) 067001.

[3] S. Okuma, M. Kobayashi, and M. Kamada, *Phys. Rev. Lett.* **94** (2005) 047003.

### 4.2 渦糸系を用いた新規非平衡現象・非平衡相転移の探究 [4]

超伝導渦糸系は、“渦糸を粒子とみなすことにより、相互作用する多粒子系の非平衡現象や非平衡相転移を研究する上での格好の実験系となる”というユニークな視点に立った研究を推進しています[4]。実際に、無秩序な粒子の衝突から徐々に秩序が形成されるランダム組織化や、将来の秩序と無秩序(カオス)の境界を決定する可逆不可逆転移と呼ばれる動的相転移の存在を超伝導渦糸系において見出しました[5]。また、自然界で広く見られるディピニング現象が臨界現象を伴う非平衡相転移であることを初めて実証し、それが可逆不可逆転移や吸収状態転移と類似の普遍クラスに属することを実験的に示しました[5,6]。さらに乱れた初期配置をもつ渦糸系が、周期駆動されランダム組織化して行く途中の渦糸配置の変化を捉えることに初めて成功しました[7]。

[4] 大熊哲, *固体物理* 51 (2016) 547.

[5] S. Okuma, Y. Tsugawa, and A. Motohashi, *Phys. Rev. B* **83** (2011) 012503.

[6] S. Okuma and A. Motohashi, *New J. Phys.* **14** (2012) 123021.

[7] M. Dobroka, Y. Kawamura, K. Ienaga, S. Kaneko, and S. Okuma, *New J. Phys.* **19** (2017).

## 5. 連絡先、ホームページアドレス

〒152-8551 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学 理学院物理学系 大熊哲

E-mail: sokuma@o.cc.titech.ac.jp

研究室ホームページ: <http://www.rcltp.titech.ac.jp/~okumalab/>