

凝縮系理論グループ

Condensed Matter Theory Group

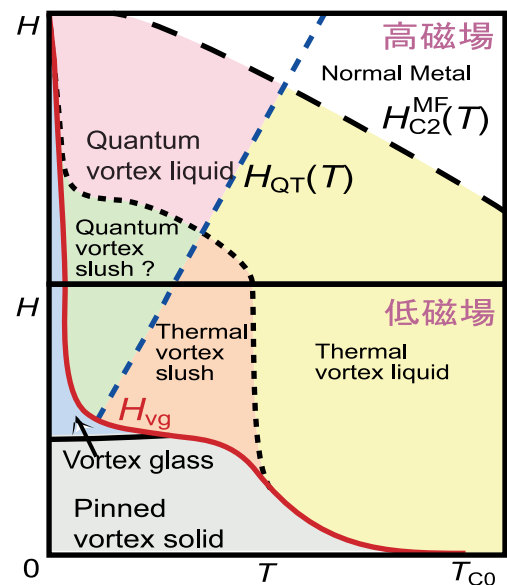
<http://cond.scphys.kyoto-u.ac.jp/>

助教授:池田隆介, 助手:藤本聡, 池田浩章

凝縮系理論グループでは、量子力学的効果が巨視的スケールで現れる凝縮系、殊に電子相関の強い超伝導体、液体³He、冷却原子気体などを対象に、超伝導の電子状態や新奇な超伝導・超流動状態の解明を目的とした理論研究を中心に行なっています。超伝導研究は、「超伝導の微視的機構の研究」と「超伝導体における秩序相の理論的研究」とに大別され、後者では多くの場合磁場下の超伝導が研究対象となります。以下では、近年の大学院生の研究成果を中心に紹介します。

揺らぎの強い超伝導体の磁場中相図

超伝導の現象論的研究の歴史は古いですが、磁場下の超伝導の基礎理論の構築は '86年の銅酸化物高温超伝導体 (HTS) の発見を契機に生まれた比較的新しい研究分野です。磁場下にある大抵の超伝導体では、磁場により量子渦糸が多数誘起されるため、超伝導状態にあるか否かは渦糸多体系の相変化という形で表現することもできます。そして、HTSや有機超伝導体に見られる現象の理論的説明を通じて、渦糸系が液体、固体相や（超伝導物質中の不純物により）グラス相を形成するという形で超伝導体の磁場-温度 (H-T) 相図は理解されるようになってきました。右図はBi (ビスマス) 系HTSや $k\text{-(BEDT-TTF)}_2$ 有機超伝導体のH-T相図を定性的に表したもので、磁場下ではピンされた固体相とグラス相のみが電気抵抗ゼロの超伝導相です。超伝導相をこれだけ狭めた原因が熱的あるいは量子力学的超伝導揺らぎで、教科書等で通常紹介されているAbrikosovの平均場理論の相図とは顕著に違っている要因でもあります。



FFLO 超伝導状態

'01~ '03年にかけて、電子相関が強く不純物の極めて少ない CeCoIn_5 という超伝導体の高磁場領域で、温度を下げると $H_{c2}(T)$ 転移が2次転移的でなく1次転移的になる現象、さらにもっと低温では今までに例のないタイプの2次転移線、が相次いで発見されました。3年前に当グループでは、パウリ常磁性が強くBCSモデルで記述される超伝導体の磁場中相図の理論を発表し、そこで得られた相図が CeCoIn_5 の実験的相図とそっくりでした。その結果、上記の前例のない2次転移の低温相は40年以上前に予言されていた空間変調する超伝導相、Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov (FFLO) 状態、が vortex solid 相として実現したものであると現在認識されています。この問題では現在、理論・実験ともに国内研究者が世界をリードする成果を挙げており、FFLO 渦糸状態の理論は他の量子凝縮系での FFLO 状態の実現をも視野に入れた新たな超伝導基礎研究の題材になりつつあります。

エアロジェル中の液体³Heの超流動状態

³He の超流動状態は、対状態（超流動対称性）の決定に結晶構造の役割が支配的な超伝導の場合とは違い、可能な対状態がほぼ縮退しているため、エアロジェル中の液体³Heが超流動になると乱れの効果が超流動秩序状態自体を変えるという状況が期待されます。例えば、巨視的量子効果の代名詞である位相長距離秩序がエアロジェル中の3次元 ³He 量子液体では厳密には実現していないこと、エアロジェルに異方性を加えるなどしてバルクの系では実現しなかった対状態が出現することなどが期待されます。p波超流動における新奇な対状態を期待する研究は、トラップされた冷却原子気体においても最近盛んになってきており、研究上の相乗効果が期待できます。