

凝縮系物理学研究室

CONDENSED MATTER PHYSICS GROUP

http://www.ton.scphys.kyoto-u.ac.jp/cond_mat/

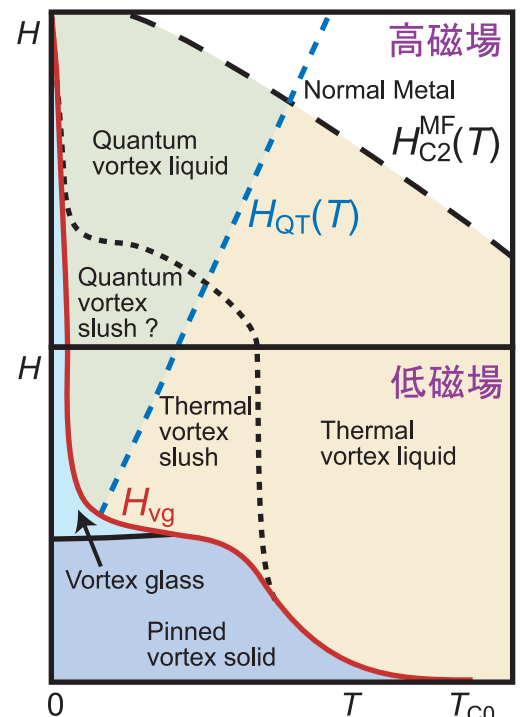
大見哲巨 教授(407号室), 山田耕作 教授(438号室), 池田隆介 助教授(408号室)
藤本聡 助手(433号室), 池田浩章 助手(432号室)

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、殊に最近では様々な超伝導体、液体・固体³He、トラップされた原子気体などを対象物質として、超伝導につながる電子レベルの機構や様々な超伝導・超流動状態などの解明を目的とした理論研究を行っています。超伝導研究を例に挙げると、「超伝導をもたらす微視的機構を探る研究」と「超伝導体における凝縮状態の理論的研究」とに大別され、後者では多くの場合一様磁場下の超伝導体がその対象となります。

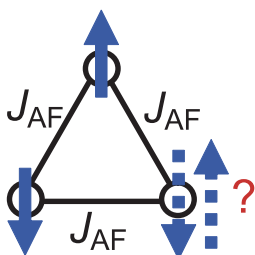
磁場下の超伝導の理論

量子凝縮系全般に関心がありますが、磁場下の超伝導の理論とその周辺の問題を中心テーマとしています。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'80年代後半に発生した銅酸化物高温超伝導(HTS)研究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が渦糸多体系の状態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 κ -(BEDT-TTF)₂有機超伝導体のH-T相図で、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。ごく最近では、FFLO渦糸状態や超伝導-絶縁体転移現象といった、旧来の超伝導体では明確に見られなかった低温・高磁場現象がHTSや重い電子系物質などの強相関電子系物質において実験的に見られるようになり、こういった新しい超伝導に関する理論的理解の改善に上記の基礎理論が役立っています。

また、渦糸状態研究で養われた概念は他の量子凝縮系の記述にも応用でき、現在研究を進めています。



幾何学フラストレーションによる新しい量子凝縮状態の実現



通常の磁性体では、十分低温で何らかの磁気秩序状態が生じ、スピンの自由度は凍結します(例えば強磁性など)。しかし、左図のような三角格子上で反強磁性結合が働いていると、エネルギー的に安定なスピンの配置を一意的に決めるのが難しくなります。このような状況では、磁気秩序を伴わないスピン液体と呼ばれる新奇な状態が実現する可能性があることが、実験、理論両面で指摘されています。この状態はマクロな数の量子状態が絡み合った状態と見なすことができますが、その性質については、未知なところが多く、その解明は凝縮系物理の最近のホットなテーマのひとつです。

量子1次元系の物理

金属や半導体等の固体中では、電子の運動を1次元方向に制限して、量子1次元系に近い系を実現することが可能です。このような状況では強い量子揺らぎのために、電子の性質は通常の金属とは大きく異なったものとなり、ラuttingジャー液体と呼ばれる状態が実現します。この特性を明らかにすることは、新しい量子ナノデバイスの可能性を追求する上でも興味深いですが、特にその量子輸送特性については、未解決の点も多く、challengingな課題のひとつです。