

量子凝縮相研究グループの発足

量子凝縮相研究グループ

立木 昌

量子凝縮相研究グループは平成9年度から5年間の研究プロジェクトチームとして発足した。近年特に1980年以降に発見された物質群,例えば酸化物高温超伝導体の出現によって,磁性体や超伝導体といった個々の物質分野を越えた新しいアプローチが必要になった。理論家と実験家の混成である本グループは,両者の共同作業により物性研究の新しい視点を構築し,新しい物質と現象の発見を目標にする。この目的のために中性子散乱は重要な実験手段である。そこで強相関電子系中性子散乱研究グループ及び超低温中性子散乱グループとよく連携を取りながら研究を進めていきたい。具体的な研究課題として,(1) 強相関電子系化合物の物性,(2) 極限状態下における新量子凝縮相の発見,および(3) 新しい超伝導体における磁束格子の研究を考えている。以下順に説明する。

固体は電気の通りやすさによって絶縁体と金属に大別することができる。電子をイオンに止めておこうとするクーロン力が,電子を結晶の中で動き回らせようとする量子力学的力よりも強い場合,物質は絶縁体となり,逆の場合金属となる。両方の力が拮抗した物質では,そのバランスが外場によって敏感に変化し,特異で興味深い性質を示す。例えば遷移金属の酸化物に関する最近の研究では,温度や圧力の変化に伴う金属-絶縁体転移や,磁場中で電気抵抗が5-6桁も変化するいわゆる巨大磁気抵抗などが報告されている。このような物質では電子の間の相関とスピン,電荷,そして軌道の揺らぎが重要な役割を果たし,強・反強磁性秩序や強誘電性,絶縁体から金属,さらに超伝導に至るまでパラエティに富んだ性質を示す。高温超伝導を示す銅を含む酸化物もこのような物質の一つである。これらの性質の理解のためには今まで固体物理学において主役を演じていた一電子近似に基づくバンド理論では不十分で,強相関電子系に特有な新しい概念を導入する必要がある。さらにこれら酸化物の多彩な物性は外場に敏感なので,デバイス等多種の応用が考えられる。このグルー

Start of Research Group for Quantum Condensed Matter Systems

Masashi TACHIKI

Research Group for Quantum Condensed Matter Systems

プの研究結果がそのシーズになることを期待している。

量子凝縮相として最も顕著な現象は超伝導である。これに関して最近意外な展開が進行しつつある。それは100万気圧に及ぶ超高压とミリケルビンに至る超低温の実現で,これまで超伝導とは縁の遠かった物質,例えばカルシウム元素やヨウ素などが超伝導になることが見出され,さらに臭素といった絶縁体までが金属化して超伝導への道をたどり始めている。これは超高压下において物質の結晶及び電子構造が大きく変貌し,新しい物質相が形成され,さらに超低温で量子効果が物性の主役を演ずることによるのである。

最近大きな磁気モーメントをもつ希土類金属(RE)を含み,比較的超伝導転移温度の高い $\text{RENi}_2\text{B}_2\text{C}$ という物質が発見された。適当な磁気モーメントを持つ希土類金属を選べば,強磁性と超伝導の共存する画期的な物質を作ることが可能である。この共存状態は,磁場をかけなくても超伝導渦電流が流れて磁束線ができたすると,磁束線が作る磁場が希土類金属の磁気モーメントを分極させ,この磁気モーメントが作る内部磁場が磁束線を安定化するという,自己無撞着的に引き起こされた状態である。この状態を同定するには磁化・電気抵抗測定と同時に中性子の小角散乱により磁束線を直接観測することが必須である。高温超伝導体中の磁束線の構造に関しても未だ未知のことが多い。高温超伝導体の超伝導層に垂直に磁場をかけたときは低温で磁束線の三角格子が現れ,温度を上げていくと融解温度で格子は融けて磁束線の液体状態になることが知られている。しかし磁場を超伝導層に平行にかけたときは,シミュレーションの結果によると磁束線は三角格子をとらず,もっと複雑な構造をとるらしい。この場合の磁束線構造や磁気相図を決定するのはこれからの問題である。量子凝縮相には基礎から応用につながる魅力的な研究課題であふれている。