



図：超伝導体に生じた渦の空間構造。量子化した磁束の周りに電磁場の渦が生じている。

POINT
渦の中から覗いてみる。

1911年に発見された超伝導現象は、1957年のBCS理論によりメカニズムが解明され、1980年

市岡教授は、この渦を使えば超伝導電子の性質を調べられることが見つかった。

「超伝導体の中に入った磁力線は量子化し、周囲に電磁場の渦をまわします(※1)。」

「みなさんは渦と聞いて何を想像しますか？例えば、気流の渦の竜巻、海流の渦の渦潮、星の渦の銀河でしょうか。私がライフワークとして取り組んでいるテーマは、超伝導に生じる電磁場の渦です。」

POINT
市岡教授が主宰する量子多体物理学研究室の専門は超伝導理論である。市岡教授は、電磁場の渦を利用して超伝導現象を研究する世界的な第一人者として知られている。量子力学・統計力学という物理の基礎理論とコンピュータによる理論計算を駆使し、超伝導発現機構の解明を目指す。

POINT
超伝導体に生じる渦をコンピュータ内に再現

研究手法は量子統計力学の理論と256個のCPUによる並列計算だ。研究室に建設したコンピュータ・クラスターは、市販のパソコンの数百倍の演算速度を誇る。市岡教授の研究室では、Fortran言語で自在にプログラミングして大規模理論計算を行う。1つの渦に対する計算は誰にでもできる。しかし、現実の超伝導体で発生する多数の渦を計算するのは極めて難解である。市岡教授はそれを可能にし、超伝導の渦に関する計算分野で世界のトップを走る。

「渦の中から覗けば超伝導電子がよく見えるんです。」市岡教授の研究は、銅酸化物高温超伝導体の超伝導電子が異方的なエネルギーギャップを持つことを渦の立場から明らかにした。この手法を進展させ、これまで、マルチバンド超伝導体、カイラルp波、FFLO状態、スピン三重項超伝導体などの分野で先駆的な成果を報告し、世界的に注目されている。

代には超伝導研究は終わったと言われた。しかし、1986年に発見された銅酸化物高温超伝導体にはこれまでの理論が通用しなかった。「分からないなら超伝導を壊してみよう。」逆転の発想である。超伝導状態では多くの電子が調和して動くため1つ1つの性質が見えにくい。市岡教授は、超伝導体の中に電磁場の渦を導入し、敢えてかき乱した。その結果、これまで見えなかった超伝導電子の性質がはつきりと見えるようになった。

POINT
不思議なことを理解したい

超伝導状態では、10²³個もの膨大な電子が一糸乱れず協調的に動き、電気抵抗がゼロになる。学生時代、市岡教授はなぜそのような電子状態が生じるのか不思議でたまらなかった。なんとかして理解したい。これが市岡教授を理論物理学へ引き込んだきっかけである。「自然科学の世界には、不思議とされている現象がたくさんあります。超伝導、超流動、トポロジカル電子状態…、枚挙にいとまがありません。なぜ起きているのか？基礎理論に立ち返って理解したいと思う学生さん、ぜひ我々の研究室で一緒に自然現象の謎解きに挑戦しましょう。」

※1 量子化とは、ある物理量が量子の整数倍になること。量子とは1900年にマックス・プランクが発見・提唱した物理量の最小単位。

※2 超伝導体に磁場をかけると、磁場が磁束量子と呼ばれる207X10¹⁵(Wb)毎の磁束線に分かれて超伝導体の中に侵入する現象。磁束線まわりは渦状に電流が流れ、磁束線を中心には超伝導が壊れた状態となる。

教員紹介



物理学科教授(現在)

市岡 優典 [いちおか まさのり]

京都大学大学院理学研究科博士後期課程修了、日本学術振興会特別研究員(PD)、岡山大学理学部物理学科助手、同助教授・准教授を経て、2011年より岡山大学教授(大学院自然科学研究科)、現在に至る。

超高速計算機による超伝導機構の解明
渦の中から超伝導電子を見る