

## － 光とマイクロ波で見るボルテックスマターの相転移 －

為ヶ井 強（東京大学工学系研究科 助教授）

超伝導体に印加された磁場は量子化され、量子化磁束（磁束）を形成する。これらの磁束は斥力相互作用により、その間隔を一定に保った固体状態（アブリコソフ格子）となる。超伝導体の特性の多くが磁束の振る舞いによって決定されている。通常の固体と同じように、磁束の固体状態も高温・高磁場において液体状態に一次転移（磁束格子融解転移）すると予想されていた。実際、高温超伝導体では大きな熱揺らぎの為に、このような転移が起こることが微小ホール素子を用いた局所磁化測定や比熱測定により確認された。走査型ホール素子顕微鏡やローレンツ顕微鏡もこの転移の観測に成功している。しかし、これらの方法では試料の一部しか観測することができない。

一方、磁気光学的な手法による磁束密度分布の測定は多くの超伝導体に適用され、臨界状態における磁束・電流分布を明らかにしてきた。この手法を磁束格子融解転移に適用しようとする場合、磁場分解能の低さがネックとなる。典型的な高温超伝導体である  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$  では、磁束格子融解転移は 100 Oe 程度の磁場において約 0.3 G の磁束密度の変化を伴う。ファラデー効果を用いてこの磁場変化に伴う光強度の変化を捕らえれば、磁束融解転移を可視化できる。一般に、単に暗い画像は長時間積算することにより可視化できるが、大きな光強度の上に乗ったわずかな強度の変化を捕らえるには特別の工夫が必要である。我々は磁場による差像法を用いることにより磁束格子融解転移の可視化に成功し、固・液界面の複雑な振る舞いを明らかにした。

光よりもずっと波長の長い電磁波であるマイクロ波を用いても磁束状態を”見る”ことができる。この場合”見る”とはその平均構造を知ると言う意味である。高温超伝導体は層状構造をもち、2つの超伝導体に絶縁体が挟まったジョセフソン接合が多数連結した構造をとる。このような超伝導体における接合方向の電荷ダイナミクスは、ジョセフソン・プラズモンという集団励起を生む。高温超伝導体ではこのような集団励起の寿命が非常に長く、その特徴的な振動数（プラズマ周波数）の電磁波を入射することにより、ジョセフソン・プラズマ共鳴（JPR）を起こすことができる。プラズマ周波数は接合方向の臨界電流密度に比例し、臨界電流密度は磁束の配置により大きな影響を受ける。このことにより JPR 周波数の測定から、磁束の平均配置を知ることができる。我々は、磁束格子融解転移において一次転移を反映した急激な磁束配置の変化が起こることを・ JPR により確認した。一方、JPR 現象は将来の波長可変マイクロ波発振器の原理としても注目を集めている。