

超伝導加速空洞に関する磁束量子捕獲の研究

Study on magnetic flux trapping on superconducting accelerating cavities

梅森 健成

高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設

超伝導加速空洞は空洞内部に励振される電磁場を用いて、電子や陽子、重イオン等の荷電粒子の加速に用いられており、一般的に高純度ニオブから製作されている。加速空洞の重要なパラメーターには加速勾配と Q 値があげられる。加速勾配は、単位長当たりの加速電圧によって表され、空洞内部の磁場強度により制限される。一方で Q 値は共振の鋭さとともに蓄積エネルギーの安定性を示す。また高い Q 値は、表面損失の少なさを示し、液体ヘリウムにより 4.2~2K での冷却運転を行う超伝導空洞においては、冷凍機負荷の指標ともなる。

超伝導加速空洞の表面損失は、温度が下がるとともに指数関数的に低減する BCS 抵抗とほぼ一定の残留抵抗からなる。この残留抵抗を低減する事は、空洞の高 Q 化つまり冷凍機負荷の低減に繋がるが、最近の研究から、残留抵抗の大部分は空洞冷却時に常伝導から超伝導に転移する際の周辺磁場を捕捉する事に起因する事がわかってきた。

図 1(左)に示すように、冷却時の磁束捕捉(排除)は、空洞の熱処理温度ならびに冷却時の空洞表面の温度勾配に依存する。ただしその詳しいメカニズムは解明されていない。本研究の目的は、この磁束捕捉のメカニズムを解明し、より効率的に磁束排除を行うためのニオブ材料の開発および冷却方法の開発を目指すものである。図 1(右)に走査 SQUID 顕微鏡にて観察したニオブサンプル表面での量子磁束の様子を示す。様々なニオブサンプルを用意し磁束捕捉の様子を観測することとシミュレーションを用いたアプローチにより、磁束捕捉のメカニズム解明を目指す。

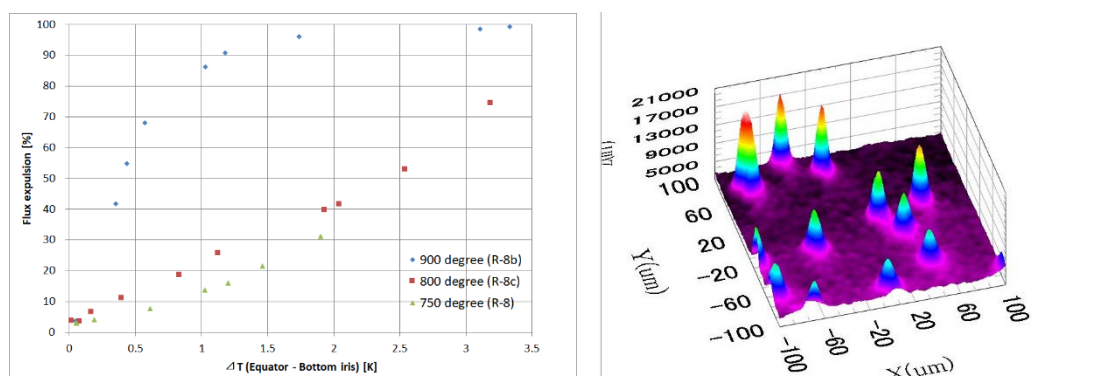


図 1 : (左) 冷却時の空洞表面の温度勾配と磁束排斥の関係。(右) 走査 SQUID 顕微鏡によるニオブ板表面での磁束捕捉の観測。