

学生番号	14676118	氏名	谷村 賢太
論文題目	時間依存 Ginzburg-Landau 方程式を用いた 異なるピンにおける超伝導体内の磁束線運動に関する研究		

1. 背景および研究目的

横磁界下での超伝導体内の磁束線を留めるピンについての様々な条件の違いによって臨界電流密度 J_c が変化することが知られている。一方、Time-Dependent Ginzburg-Landau 方程式(TDGL 方程式)は非定常状態の超伝導を記述することができる現象論的モデルとして使われており、TDGL 方程式を元にした量子化磁束線の動きに関する研究が多く存在する。そこで、本研究では細い線における近似を用いた 3 次元の TDGL 方程式を、数値的に解くことによって、横磁界下での超伝導体内の量子化磁束線の動きを数値計算し、様々な形状を持つピンにおける臨界電流密度の磁界依存性(J_c - B)の調査を行う。

2. 計算手法

本研究では、3 次元の TDGL 方程式について計算を行った。この方程式において、複素数のオーダーパラメータ Ψ を定義して、その絶対値の 2 乗が超伝導電子密度に比例するものとする。真空中の超伝導細線はコヒーレンス長 ξ で規格化したサイズにおいて、一辺の長さが10の立方体を仮定した。また、境界条件は側面からの電流の流出はなく、電流と磁場は Fig. 1 (a)に示す方向にそれぞれかけるものとした。その後、ピンの形状と配置において異なる条件を定義し、それぞれの場合において計算を行った。参考として Fig. 1(b)~(d)に 3 つの例を示す。また、ピンの領域では強制的に超伝導電子密度が0となるようにする。

ここで、時間ごとの電流と磁場は通常通り規格化した値において一定とし、電流密度 $J = 0.01, 0.02, \dots, 0.38$ 、外部磁界 $B = 0.05, 0.10, \dots, 0.60$ のそれぞれ全ての組み合わせにおいて計算した。

3. 結果および考察

Fig. 2 に、Fig. 1(b)~(d)の場合における J_c - B 特性を示す。ここで、 J_c は抵抗基準によって定義した。Fig.2を確認すると、面状ピン(Fig. 1(d))が最も大きな J_c を示していることが確認できる。またその特性は、 B の増加とともに J_c が単調に減少していることが確認できる。3 つの J_c - B 特性を比較すると、球状ピン(Fig.1(b))の J_c が最も小さいことが確認できる。このことから、面状ピンや柱状ピン(Fig.1(c))と比較して球状ピンの磁束線を止める力が弱いことが示唆される。面状ピンと比較すると、球状ピンと柱状ピンの J_c - B 特性は面状ピンの場合と異なる特徴が現れていることが分かる。球状ピンと柱状ピンでは B の増加に対して J_c の単調な減少ではなく、ピークのようなものが現れていることが確認できる。このピークの要因は、ピンの配置と磁束線格子間隔との関係が強く影響していると考えられる。

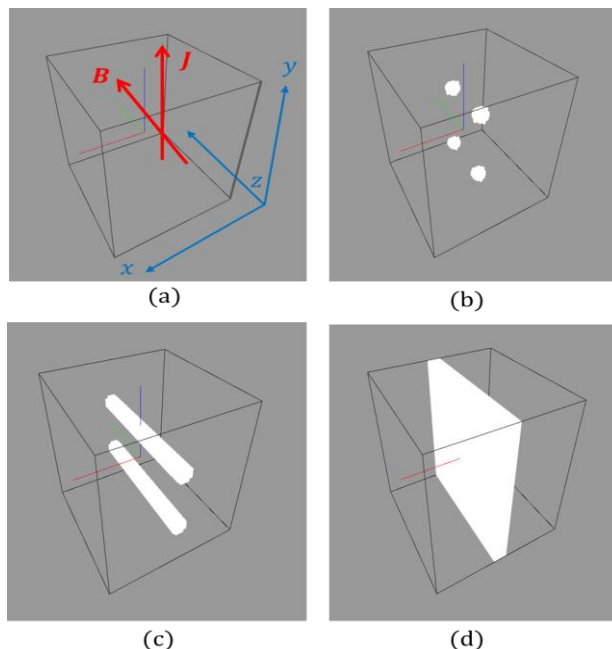


Fig. 1 : The thin superconducting wire with different kinds of pins in vacuum.

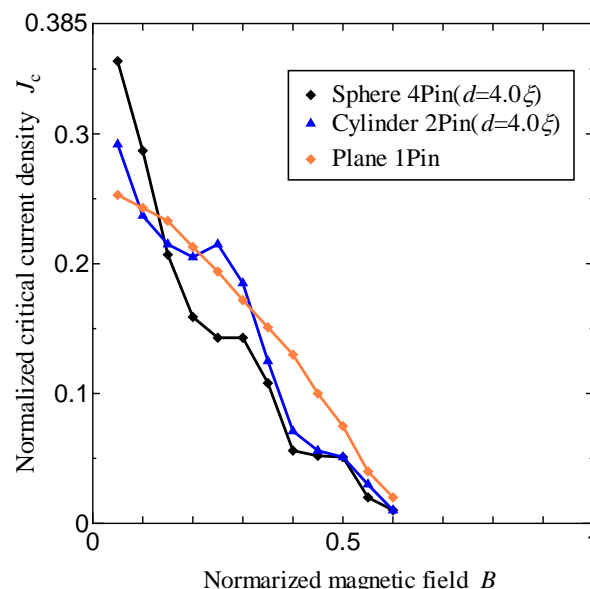


Fig. 2 : Magnetic field dependence of critical current density (J_c - B property).

4. 研究業績

K. Tanimura, *et al.*: "TDGL simulation on the motion of flux lines with different kinds of pins in thin superconducting wire in transverse magnetic field", 30th International Symposium on Superconductivity, Iino Hall and Conference Center, December 13 2017.