

常伝導コア近似に基づく有限長さの柱状ピンによる 要素的ピンニング力の評価

Evaluation of elementary pinning force due to finite long columnar pinning center based on normal-core approximation

○岡田 達典、淡路 智 (東北大金研)

○Tatsunori OKADA, Satoshi AWAJI (IMR, Tohoku Univ.)

E-mail: tatsunori.okada.d8@tohoku.ac.jp

$REBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (RE : 希土類元素/Y, 以下“REBCO”) 線材の臨界電流密度 J_c 向上を目指し、様々な人工ピンの導入が精力的に研究されている。その一例として、 $BaMO_3$ (M : Zr, Hf, “BMO”) 添加で成長するナノロッドや、重イオン照射で生成される柱状欠陥などの柱状ピンが挙げられ、 $B \parallel c$ 方向の J_c を飛躍的に向上することが知られている。一方、成膜条件に依っては、BMO が c 軸成長した長尺円柱状ではなく寧ろランダム分布した短尺円柱状となる様子がシミュレート^[1]され、実際に高成膜レートにて PLD 成膜した EuBCO 線材でナノ粒子様の BMO の分布が観測^[2,3]された。このようなナノ粒子様の短尺円柱ピンでは、 c 軸相関ピンのネックである大きな J_c 異方性を改善する方向に働くことが期待される。 c 軸相関の強い長尺円柱状のものから、ランダムピン様の短尺円柱状のものまで、様々な長さの柱状ピンによる磁束ピンニング機構の理解は、 J_c 特性向上に向けた重要課題の一つと言える。

前回、我々は常伝導コア近似（渦糸コアを楕円柱状の常伝導領域とみなす）での数値計算に基づき、任意サイズの球状ピンによる要素的ピン止め力を正確に評価し、従来モデルでは説明できない $J_c(B \parallel ab)$ の特異な窪みの説明に成功した^[4,5]。この結果は、過剰な近似を課した従来モデルよりも正確に要素的ピンニング力を評価することの重要性を示している。

今回は、有限長の柱状ピン（図1）を想定し、（ピン半径 R 、ピン長さ $2H$ 、磁場角度 θ 、有効質量比 γ 、コヒーレンス長 ξ_{ab} ）をパラメータとして、柱状ピンがもたらす要素的ピンニング力 f_p を数値計算により正確に評価した。

講演では、上記パラメータの様々な条件下における要素的ピンニング力 f_p の角度依存性を中心に報告・議論したい。

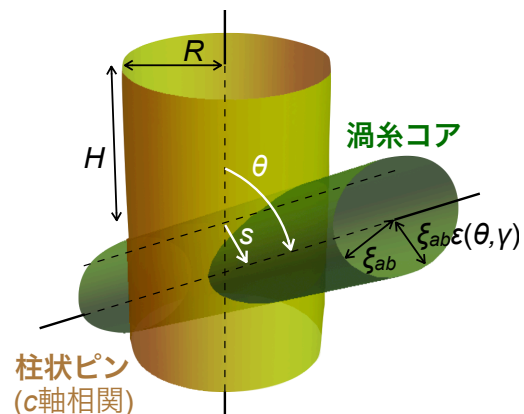


図1: 柱状ピンによる磁束ピン止めの概念図。柱状ピン（半径 R 、長さ $2H$ の有限長円柱で表す）と、柱状ピン中心から距離 s 離れた点を中心軸が通過する角度 θ 傾いた渦糸コア（常伝導コア近似では、長半径 ξ_{ab} ・短半径 $\xi_{ab}\epsilon(\theta, \gamma)$ の無限長楕円柱とみなせる）との共有体積がピンニング体積 V_p であり、 V_p の距離 s に関する微分（の負符号）が要素的ピンニング力 f_p を与える。

[1] Y. Ichino and Y. Yoshida, IEEE TAS **27** (2017) 7500304.

[2] S. Fujita *et al.*, IEEE TAS **29** (2019) 8001505.

[3] 淡路智ら、第66回応用物理学会春季学術講演会 (2019) 10p-S224-7.

[4] 岡田達典、淡路智、第68回応用物理学会春季学術講演会 (2021) 17p-Z21-3.

[5] T. Okada and S. Awaji., *to be submitted*.