長尺銅合金補強 Bi-2223 線材の臨界電流分布の統計性解析

Statistical behavior of I_c fluctuation in long Copper-alloy Reinforced Bi-2223 Tape

九州大学： ○呂 琳，熊谷 征久，鈴木 匠，東川 甲平，木須 隆暢

Kyushu Univ.: °Lin Lyu, Yukihisa Kumagai, Takumi Suzuki, Kohei Higashikawa, Takanobu Kiss

E-mail: l.lyu@super.ees.kyushu-u.ac.jp

1.はじめに

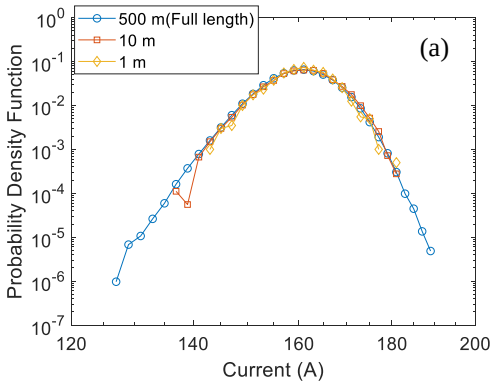
Bi 系線材は、量産性かつ優れた臨界電流特性としてよく知られている。その中でも、銅合金を用いて補強を施した Type HT-CA は、高強度かつ低接続抵抗により、超電導マグネットやケーブルへの応用が期待される。しかし、実際の応用において、通常、線材長は数百 m よりも長尺となり、線材に局在する臨界電流（I_c）の低下部位の影響を顕著に受けるため、長尺線材に亘る I_c の統計分布、特に最小 I_c 値の統計性の把握が重要となる。本研究では、リール式走査型ホール素子顕微鏡（RTR-SHPM）[1]を用いて、500m 級の Bi 線の局所 I_c 分布を高解像度に計測すると共に、局所 I_c の統計性について考察した。

2.実験

試料は、500 m 長の銅合金補強 Bi2223 線材である。具体的には、77 K、自己磁場の下で、RTR-SHPM により、長尺 Bi2223 線材を液体窒素中で長手方向に一定速度で搬送させながら連続的に磁化し、ホール素子によって得られた磁界分布から局所 I_c の長手方向分布を評価した。

3.実験結果および考察

得られた結果を Fig. 1 に示す。長手方向の分解能 1 ㎜の高解像度で局所 I_c を評価することができた。なお、ここでプロットしている I_c 値の電界基準は 10^{-7} V/m オーダーであり、電界基準の相違を考慮することで、四端子法で得られた I_c 値と一致していることを確認した。Fig. 2(a)に、局所 I_c の確率密度分布を示す。全長 500 m に亘った長尺線材の統計分布は、左右非対称な分布で表現しており、Weibull 関数で記述することができる[2]。同図に、測定区間 10 m と 1 m の分布も示しており、線材の長さに関わらず、I_c 統計分布の形は、一致している事が分かる。すなわち、本線材の I_c のバラツキは一つの統計性に支配されていると考えられる。一方、観測された I_c の最小値 $I_{c,min}$ は、Fig. 2(b)に示す様に測定区間が長くなるにつれて低くなっていることがわかった。すなわち、



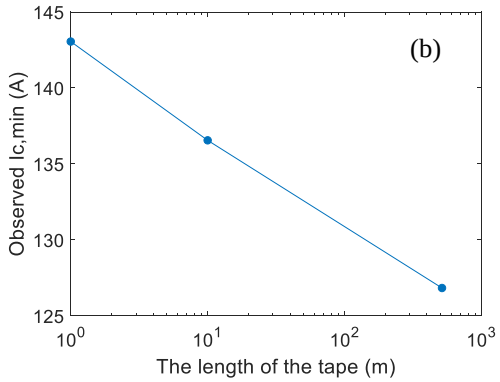


Fig. 2 (a) Probability density function of Ic fluctuation in 500 m, 10 m and 1 m sections, and (b) observed minimum I_c value, $I_{c,min}$, in the measured section.

$I_{c,min}$ は低い頻度で生じる事から、測定線材長が本質的に重要となる事を意味している。$I_{c,min}$ の挙動について、理論的な考察を含め当日議論する。

参考文献

[1] K. Higashikawa, et al., IEEE TAS 24 (3) (2014) 6600704

[2] T. Kiss et al, Cryogenics 80, July 2016, DOI:10.1016/j.cryogenics.2016.07.004

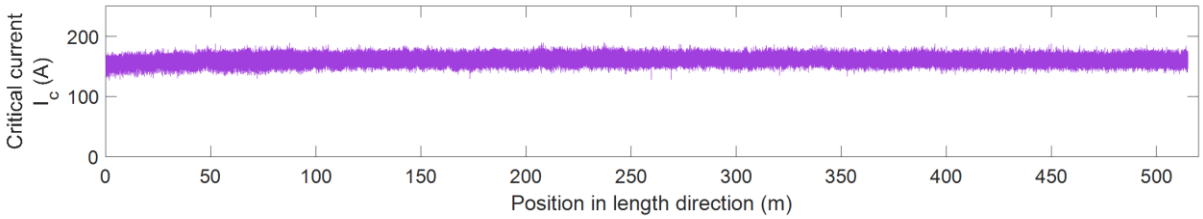


Fig. 1 Longitudinal variation of local critical currents I_c at 77 K, s.f.