

定速掃引磁場中の撚線化超伝導テープ線における磁化および損失の解析 Analysis of magnetization and loss on a twisted superconducting strip in a magnetic field with constant sweep rate

○(P) 東 陽一¹, Huiming Zhang^{2,3}, 馬渡 康德¹

産総研¹, バース大学², 中国電力科学研究所³

○Yoichi Higashi¹, Huiming Zhang^{2,3}, Yasunori Mawatari¹

AIST¹, Univ. of Bath², CEPRI³

E-mail: y.higashi@aist.go.jp

核磁気共鳴画像 (MRI) 装置用の超伝導コイルへの応用を目指して、高磁場で使用できる高温超伝導テープ線材の開発が行われている。MRI コイル内部では、テープ面に垂直な磁場成分による遮蔽電流のために、磁場分布が乱される。空間的に一様な磁場を作るために、遮蔽電流の影響を抑制すると同時に磁場中での高臨界電流密度を維持する必要がある。細線化 [1] や撚線化 [2] を用いた線材加工の方法が開発されている。これまでに、交流磁場下において撚線化と細線化を組み合わせた超伝導テープ線材に対する詳細な電磁場解析が行われている [3]。

我々は、MRI マグネットを励消磁する場合を念頭に定速掃引磁場中の撚線化超伝導テープ線に焦点を当て、磁化および損失の解析的な表式を得た。その際、自己誘導による磁場は無視した。また、螺旋波数 $k = 2\pi/L_p$ (L_p は撚線周期) が小さい極限を考え、右下図の超伝導常螺旋面 $(x, y, z) = (u \cos kv, u \sin kv, v)$ を磁場に対して、傾いた平坦な超伝導テープの足し合わせと見なした。この近似は、 $L_p \rightarrow \infty$ で良い近似だが、左下図の様に、テープ面に垂直な磁場成分が、印加磁場の面直成分を代入した平坦テープに対する解析解 [4] を用いておおよそフィットできることから妥当である。撚線化超伝導テープ線を傾いた平坦超伝導テープの足し合わせと見なした場合、磁化、損失ともに L_p には依存せず、平坦なテープと比べて、撚線化の効果により、 $1/\pi$ の幾何的な因子分だけ小さくなることが分かった。講演では、得られた解析的な結果に加え、面電流の方法 [5] を用いた数値シミュレーションの結果も交え、詳細を報告する。

本講演は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が委託したプロジェクトから得られた結果に基づく。

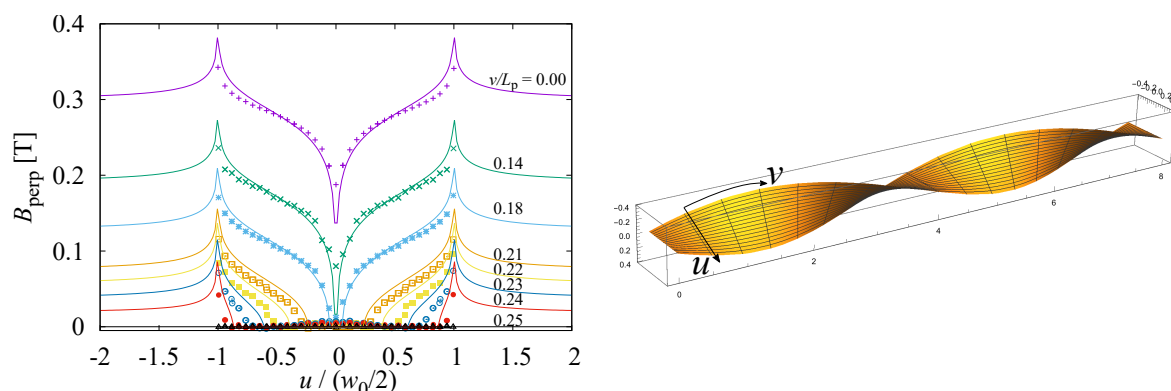


Figure 1: (left) Numerical results of the perpendicular field distribution on a twisted strip (sybmbols) fitted by the analytic solution (solid lines) for various position in the direction of $\hat{v}$ for a fixed applied field $B = 0.3$ [T] parallel to $\hat{v}$. The twist pitch and the tape width are set to $L_p = 44$ [mm] and $w_0 = 4$ [mm], respectively. (right) Superconducting twisted tape surface.

References

- [1] N. Amemiya *et al.*, Supercond. Sci. Technol. **17**, 1464 (2004).
- [2] M. Takayasu *et al.*, Supercond. Sci. Technol. **25**, 014011 (2012).
- [3] N. Amemiya *et al.*, J. Appl. Phys. **100**, 123907 (2006).
- [4] E. H. Brandt and M. Indenbom, Phys. Rev. B **48**, 12893 (1993).
- [5] H. Zhang *et al.*, Supercond. Sci. Technol. **30**, 024005 (2017).