

学生番号	17232014	氏名	岩崎 慎也
論文題目	超伝導線材を用いた磁気浮上工具の有限要素法による電磁界解析		

1. はじめに

超伝導体の特徴として、電気抵抗ゼロと完全反磁性の2つがある。完全反磁性を用いることで永久磁石を超伝導体の上に浮かす磁気浮上をすることが出来る。したがって、空中に物体を非接触で浮かせるにはこれを用いて、磁気浮上工具を製作すれば良い。1987年に $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (YBCO)が発見されたことによって、超伝導体の研究が進み、安定して浮上状態を保ち続けることが出来る超伝導バルクが製作された。そのため、磁気浮上のために必要な技術が確立され、磁気浮上が実用できるようになった。そこからさらに研究が進み、超伝導体の線材化の工夫がされた。磁気浮上の技術は中空加工技術や準無重力空間の構想[1]などの様々な分野で応用が進んでいる。本研究では、永久磁石と超伝導線材のみの簡単なモデルを用いて電磁界解析を行った。

2. 解析方法

本研究では、この磁気浮上工具の基本的な電磁界解析として、シミュレーションソフト JMAG-Designer 20.0 で有限要素法(FEM)を用いて磁気浮上工具の解析を行った。 $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 超伝導線材のサイズは長さが20 mm、幅が12 mm、厚さが1 μm で、1層に6つ使用し、2通りのモデルを製作した。モデルはそれぞれ、磁気浮上工具の中心から円状に等間隔で放射状に6つ置いたモデルをType A、円周上に6つ置いたものをType Bとする。更に超伝導体の下に50 μm 間隔で上の層と同様な層を4層分まで作成し、それぞれ解析をした。を更に永久磁石は内径10 mm、外径29.5 mm、厚さ10 mmで磁石表面での磁場が450 mTのリング型4極ネオジム磁石を用いた。

3. 結果と考察

永久磁石を超伝導線材の上部にて着磁を行い、永久磁石を超伝導線材方向に垂直に移動した時に発生する超伝導線材から永久磁石への反発力を永久磁石と超伝導線材間の距離を10 mmから1 mmまで変化させて、それを1層から4層まで層を増やしてそれぞれ解析を行った。そのFEM結果をFig. 2に点線がType A、実線がType Bで数字は層の数を示している。この力は中空加工技術の際、圧力として利用し、永久磁石と切削対象を密着させて縦方向への加工を行う。反発力はどちらも距離に反比例し、増大している。着磁距離では力はゼロであり、着磁距離から永久磁石を近づけると反発力が働き、近づくほど反発力は大きな値を示すことが確認できる。これは、永久磁石から超伝導線材間距離が10 mmの

場合では磁束の変化が起こらないためピン力が発生せず、反発力がゼロとなる。さらに、永久磁石が超伝導線材に近づくと侵入する磁束が増え、それを阻止しようとピン力が発生する。そのため、Fig. 2のような推移を取ったと考えられる。さらに2層以上の層では距離が5 mmより近い時にはType AよりもType Bのほうが反発力は大きくなることも分かる。

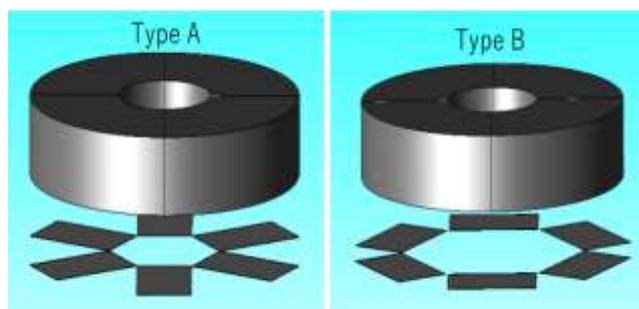


Fig. 1: Magnetic levitation tool

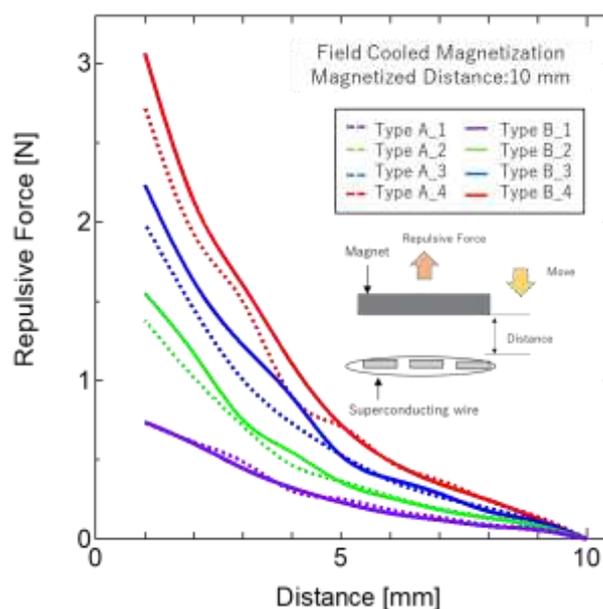


Fig. 2: Repulsive force when magnetized distance is 1 – 10 mm

4. 参考文献

- [1] Keita Takahashi et al 2021 Supercond. Sci. Technol. 34 035001