

学生番号	21676108	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性能向上に関する研究		

## 1. 背景・研究目的

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、液体窒素下の高い比熱を利用し、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、磁気浮上が実用できるようになった。そして、磁気浮上の技術は中空加工技術や準無重力空間の構想などの様々な分野で応用が進んでいる。その中で我々のグループは中空加工技術の一つとして、磁気浮上工具を提案している。超伝導バルクの性能向上の一方で、超伝導体の線材化の研究が進み、現在では高い性能の線材が開発されている。そこで超伝導線材を用いた磁気浮上工具において磁気浮上を安定させるために反発力を強くし、磁気浮上工具の性能を向上させる必要がある。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い、より強い反発力を得る方法について模索した。

## 2. 解析方法

本研究では、シミュレーションソフト JMAG で有限要素法(FEM)を用いて磁気浮上工具の解析を行った。 $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 超伝導線材を1層に6枚使用し、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等間隔で放射状に6つ置いたモデルをType R、方位角状に6枚置いたものをType Aとする。更に超伝導体の下に $50\ \mu\text{m}$ 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。また、上下の層間の距離による反発力の変化を調べるため、Type Aにおいて、超伝導体の下に上の層と同様な層を上下の層間の距離を $50\ \mu\text{m}$ 、 $100\ \mu\text{m}$ 、 $300\ \mu\text{m}$ 、 $500\ \mu\text{m}$ 間隔で空けたものをそれぞれ4層作製し、解析する。

## 3. 実験結果及び考察

永久磁石を超伝導線材の上部にて着磁位置 $10\ \text{mm}$ で着磁を行い、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計算した。そして、永久磁石と超伝導線材間の距離を $10\ \text{mm}$ から $1\ \text{mm}$ まで変化させた。また、2つのモデルにおいて超伝導線材の層を1層から4層まで増やしたもののFEM計算結果をFig. 1に示す。また、超伝導線材の層の間隔を変化させたもののFEM計算結果をFig. 2に示す。Fig. 1の結果から反発力はどちらも距離に反比例し、増大している。さらに2層以上の層では距離が $5\ \text{mm}$ より近い時にはType RよりもType Aのほうが反発力は大きくなることも分かる。これは4極磁石のN極とS極の間にある線材においてType Aのほうが大きな反発力を得られるためである。

また、Fig. 2より、層間の距離 $50\ \mu\text{m}$ に対して、 $100\ \mu\text{m}$ では反発力は2%とほとんど減少しないが、

$300\ \mu\text{m}$ では11%、 $500\ \mu\text{m}$ では18%と大きく減少する。これらの結果から、Type Aで作製すれば、強い反発力を得ることが出来、層数が多いときほど、層間の距離が短いことが重要であることが分かった。これらを活用することで、磁気浮上の安定性が高いものを作製することが出来、より複雑な形状に加工可能になる。

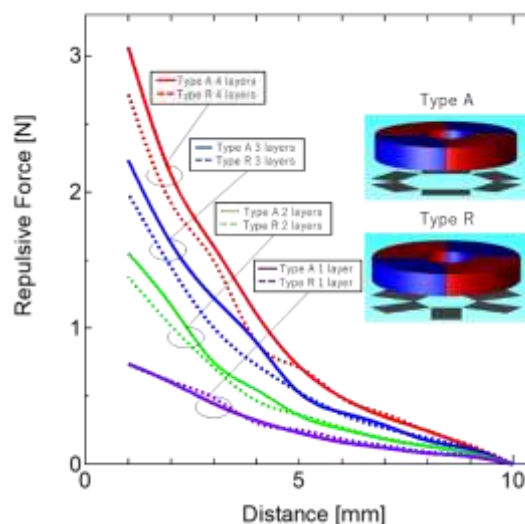


Fig. 1: Repulsive force when magnetized distance is 1 – 10 mm for Type A and R

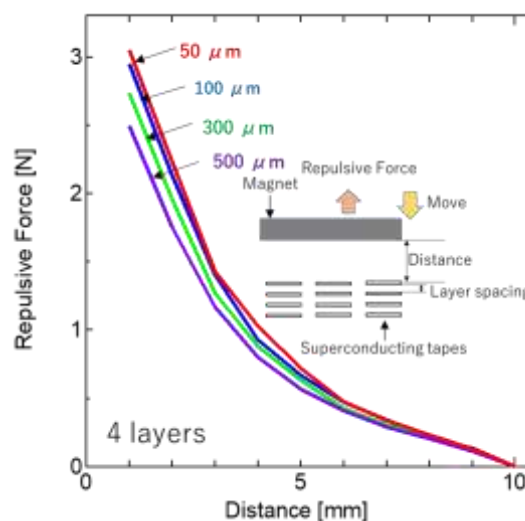


Fig. 2: Repulsive force when magnetized distance is 1 – 10 mm for various distance between layers

## 研究業績

1. S. Iwasaki, et al.: Journal of Conference Series 2323 (2022) 012025
2. S. Iwasaki, et al.: The 35<sup>th</sup> International Symposium on Superconductivity, WINC-AICHI, Nagoya, December 1 2022