

研 究 速 報

超電導バルク体上で浮上する永久磁石の外部磁界印加による水平移動制御

菊池 宏直^{*1} , 石郷岡 猛^{*2}

Horizontal Position Control of Levitated Permanent Magnet on Superconducting Bulk by Applying External Magnetic Field

Hironao KIKUCHI^{*1}, Takeshi ISHIGOHA^{*2}

(Received September 28, 2006)

1. はじめに

超電導体を用いた磁気浮上は機械的摩擦がなく非接触で移動可能であるためその実用化が期待されている。一般にこれらの磁気浮上では浮上側に超電導体、軌道側に永久磁石という配置がとられる。これには軌道となる永久磁石の磁束密度分布が一様であれば軌道上のどの場所であっても浮上している超電導体は安定して浮上し、また水平移動も行いやすいという利点がある。しかし、浮上している超電導体は常に冷却されなければならない。しかるに、浮上超電導体は移動しているため、継続して冷却を行うことが困難になる。そこで著者等は、この位置関係を逆にして浮上体を永久磁石、軌道を超電導体とし、浮上体の冷却の必要性を省き、外部磁界印加により浮上永久磁石の水平方向への移動を行う実験を試みた。その結果を報告する。

2. 原 理

本研究の磁気浮上では、まず永久磁石を高温超電導バルク体の上部に近づけ、ある高さで固定した状態で、高温超電導バルク体を冷却しフィールドクーリングによって着磁する。このように着磁した高温超電導バルク体を2つ並べ、片方の高温超電導バルク体の上に着磁に用いた永久磁石を浮上させる。

この状態で、近接した駆動コイルによる外部磁界を印加すると永久磁石に電磁力が働く。この電磁力により永

久磁石は隣接する高温超電導バルク体に移動する。隣接する高温超電導バルク体は、初期着磁での磁束分布を維持しようとするので、外部磁界を取り去っても永久磁石を安定して浮上させることが出来る。

3. 実験装置

3. 1 酸化物超電導バルク体

図1に本実験で使用した超電導体を示す。結晶中の転位、析出物、結晶粒界などのピン止め中心に磁束が捕捉される。実験には、寸法 66.6 mm ϕ $\times$ 20 mmの新日本製鐵(株)製の Gd 系高温超電導体を使用した。

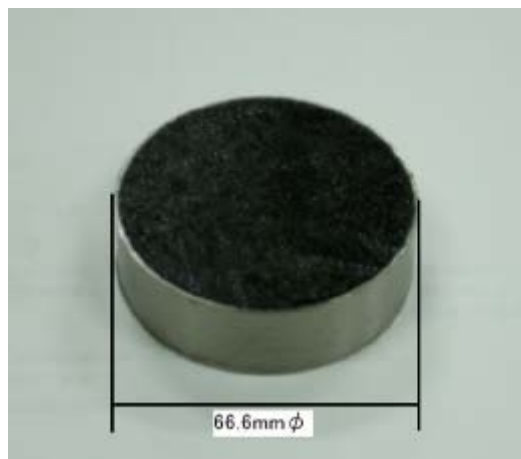


図1 バルク高温超電導体

3. 2 ネオジム永久磁石

ネオジム永久磁石は直径 40 mm ϕ $\times$ 厚さ 10 mmである。この磁石を超電導体の着磁および磁気浮上に使用した。この永久磁石の表面磁束密度は約 0.3 Tである。

*1:電気電子工学専攻博士前期課程

(dm053205@mserv.cc.seikei.ac.jp)

*2:成蹊大学理工学部エレクトロメカニクス学科教授

(Professor, Dept. of Electrical and Mechanical Engineering)

3.3 外部磁界印加用コイル

外部磁界用コイルには省スペース化のために Bi-2223 テープ線材を用いた高温超電導コイルを使用した。外径 119 mm ϕ , 内径 61 mm ϕ , 厚さ 4.2 mm のパンケーキコイルを 2 層にして使用した。その写真を図 2 に示す。

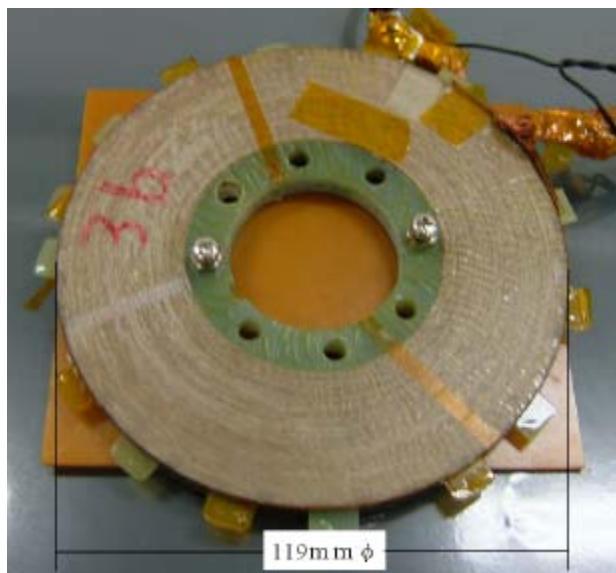


図 2 外部磁界印加用超電導コイル

4. 実験

4.1 実験配置

それぞれ別々に着磁した高温超電導バルク体を図 3 のように配置し、永久磁石を浮上させる。ここで、永久磁石の初期浮上位置は高温超電導バルク体の中心からずらしてある。これは高温超電導バルク体の中心に永久磁石を置いて初期着磁を行った場合、外部磁界を印加してもうまく永久磁石を移動できないことが実験から確認されたからである。そこで中心からずらした位置で着磁をし、右の着磁位置と移動すべき左の着磁位置との間の磁束密度の凹凸をできるだけ少なくするために図 3 のような配置にした。なお、この場合浮上している永久磁石は反対側の高温超電導バルク体の影響を受け水平に浮上できないことが確認された。反対側の高温超電導バルク体に近い側は持ち上がり、遠い側は沈み込むことが観察された。

4.2 外部磁界印加による水平方向への移動

図 3 の状態でコイルに電流を印加し、外部磁界を発生させる。このときの磁界の向きは永久磁石の磁界と同一方向に発生させる。これにより永久磁石は上方向へと持

ち上がると同時にコイルに引き寄せられ隣の高温超電導バルク体へと移動を始める。

印加する電流はある値を超えると永久磁石は高温超電導バルク体のピンニングから外れてコイルへ直接引き寄せられてしまうため印加する電流には限界値を設定した。

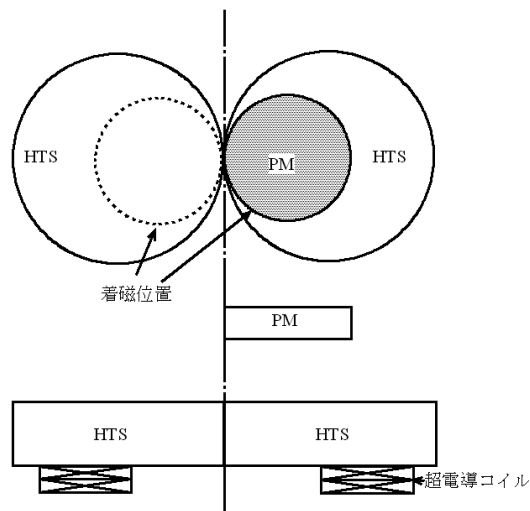


図 3 実験装置の配置

このとき印加する電流をゆっくりと上昇させると永久磁石はコイルの中心上で止まってしまう隣の高温超電導バルク体まで移動することができない。そのため電流をパルス的に印加することで移動する永久磁石の慣性力を利用して隣の高温超電導バルク体へと移動させた。

5. 結論

高温超電導バルク体を軌道とし、永久磁石を浮上体とした位置関係での磁気浮上において浮上体を水平方向へ移動させることができた。

今後は 3 個以上の高温超電導バルク体を用いて 2 次元の移動制御を目指したい。

参考文献

- 1) 菊池 宏直・石郷岡 猛, 「外部磁界用コイルを備えた高温超電導バルク体を用いた永久磁石の移動」, 成蹊大学理工学研究報告, Vol.43, No.1, 2006 年 6 月