

デモ用超伝導磁気浮上列車の作製

今村和孝、井上昌睦、木須隆暢

九州大学 システム情報科学府

1. はじめに

近年、若年層の「理科離れ」が社会問題となっている。この問題に対して、実際に実験等を通じて物理現象を体験することで理科に対する興味・関心を引き出すことができると考えている。我々は、オープンキャンパスや地域の科学イベントなどで、超伝導体を用いたデモンストレーションを行って反響を得ている。反響のある要因としては、超伝導現象は、非日常的な環境下で現れること、他のものにはない特異な現象であることではないかと考えられる。特に磁束ピンニング効果を用いたデモンストレーションは、非常に不思議に感じて好奇心を持ってもらえている。これに加え更に大きなインパクトを与えるようなデモンストレーション装置を用意することを目指し、検討、作製を行うこととした。

超伝導体を用いたデモンストレーションとしては、永久磁石を用いた磁気浮上(Fig.1,2)を多く目にする機会があるが、特に永久磁石をレール状に敷き詰めた上を超伝導体が浮上しながらコースターのように滑っていくデモンストレーションは動きがあることから見る者を引きつける。

そこで、超伝導の磁気浮上としては、MAGLEV が有名であるため、磁気浮上に加えてリニアモーターを用いたデモンストレーションを行うと、より興味を持ってもらえると考え、デモ用超伝導磁気浮上列車の作製を行った。

2. 検討

まず列車を浮上させる方法について検討した。MAGLEV では、列車側から発生する強磁場が高速で移動することで、軌道側の電磁石に誘導起電力が発生しお互いが反発し合い浮上するが、そのような複雑な構造をコンパクトに実現することは困難であると判断し、簡単な方法として、超伝導体の磁束ピンニング効果により浮上させることとした。



Fig.1

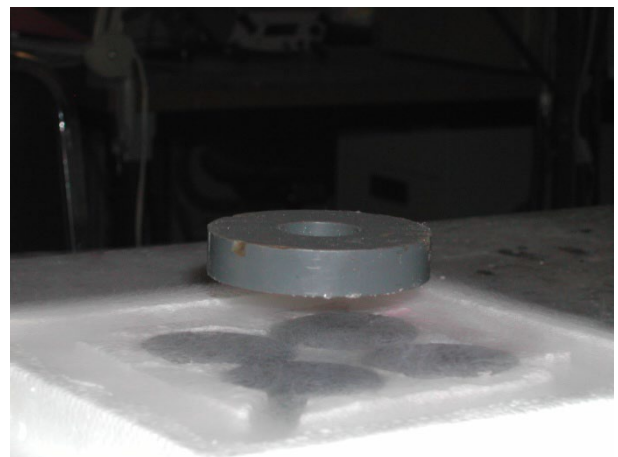


Fig.2

次に、列車の推進方法を検討であるが、リニアモーターで推進力を得る方法として、同期モーターとするか誘導モーターとするのかがある。同期モーターは、周波数を変化させることでスピードを任意に変化させることができるので、デモンストレーションとして大きな魅力があるが、大きな磁場を発生させる電磁石が必要になることや、制御が複雑になることから、今回は誘導モーターで推進させることにした。

3. 作製

誘導コイルの回路図を Fig.3 に示す。薄いケイ素鋼板を何枚にも束ねて接着させた直線状の鉄心に、コイルを巻く部分として 12 カ所の突起部分を作り、隣り合うコイルの通電時に励磁される周期が 1/4 ずれるようにコイルを巻いた。軌道部は、鉄板にネオジム磁石を敷き詰めオーバル状にして周回できるようにした。列車となる部分は、QMG 超伝導バルク体を発泡スチロールで断熱するものとし、外面に誘導コイルからの磁場を受ける銅板を貼付けた。

装置の模式図を Fig.4 に示す。完成した装置を動かしてみたところ、誘導コイルにより推進力を得た列車は、軌道上を浮上したまま一周し、誘導コイルのある所までくると再度加速し、超伝導体の温度が上昇し浮上しきれなくなるまで動作することができた。

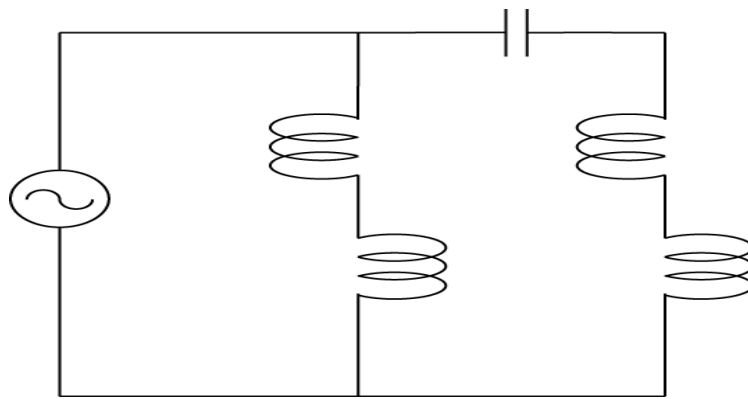


Fig.3 electrical circuit of induction coil

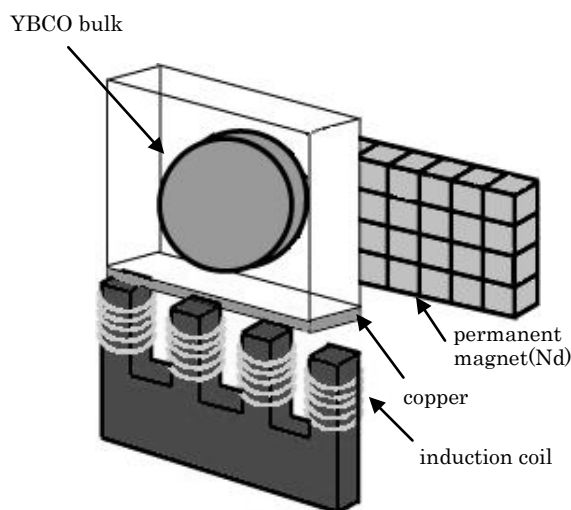


Fig. 4 Typical figure of magnetically suspended train

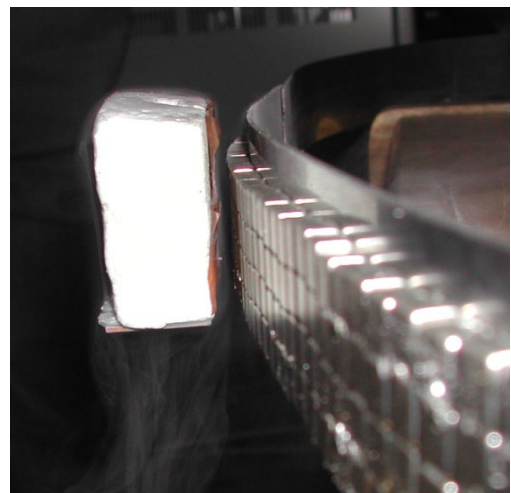


Fig.5 magnetically suspended train

4. 成果および課題

オープンキャンパスなどで実際に本装置を使用したデモンストレーションを行ったところ、これまでのコースターよりも興味を持ってもらえているようで、効果はあるように感じた。また、リニアモーターにも興味を持ってもらえて、物理現象の体験に留まらず工学的にも知見を得る事が可能となった。しかし、超伝導体の保温状態が悪いようで、1分弱の実演時間しかとれていない。また、超伝導体と永久磁石とのギャップが非常にシビアで、離れすぎるとうまく軌道に乗って動かないが、近づきすぎると浮上しているのが見学者から認識しづらくなってしまった。この2点の問題は冷却方法と保温容器で決まってくるので、今後は小型冷却容器の検討を行っていきたい。



Fig. 6 Demonstration in open campus for high school students