SICE4
計測自動制御学会 四国支部 学術講演会
2009年度

高温超電導体と電磁石による磁気浮上移動機構

Maglev movement mechanism with high-temperature superconductor and electromagnet

○中村将吾（高知工科大学）　　岡宏一（高知工科大学）

Shogo Nakamura, Kochi University of Technology
Koichi OKA, Kochi University of Technology

1. 緒言

磁気浮上機構は，摩擦・磨耗の問題の減少によりシステムが半永久的になること,メンテナンスが容易になること，振動・騒音の問題が低減されることや，低速・高速化の可能性などのメリットがある．また，磁気浮上機構は常伝導磁気浮上機構と超電導磁気浮上機構に分類することができる．常伝導磁気浮上機構は磁石の吸引力・反発力を利用して浮上させる方式であり，閉ループ制御が必要になり装置が複雑化・大型化する．しかし，超電導磁気浮上機構ではマイスナー効果やピン止め効果という超電導体の性質で浮上させるため，能動的な制御なしで安定な浮上が可能であり，装置の簡略化・小型化が期待できる．

本研究では，高温超電導体と電磁石を用いた移動機構の開発を目的としている．移動原理を提案し，移動実験を行ったのでその結果を報告する．

2. ピン止め効果

ある特定の物質を極低温まで冷却したとき，電気抵抗がゼロ，マイスナー効果という現象を発生させる物質を超電導物質と呼ぶ．常電導から超電導に転移する温度は物質により異なり，液体窒素の沸点である-77K 以上で超伝導現象を発生させる物質は高温超伝導物質と呼ぶ．

高温超電導体には磁場中で冷却した場合，完全なマイスナー効果を示さず磁束が不純物などに捕らえられ磁石はピンで止められたように一定位置に固定されるピン止め効果という性質がある．浮上体が電磁石の場合，電流を OFF にすることでピンが外れ，自由な位置決めが可能であると考える．

3. 実験装置

装置には 3 個の電磁石と 2 個の永久磁石を用いる．左右の電磁石は E 型コアを用いてコイルを縦方向に設置している．中央の電磁石は I 型のコアを用いており，コイルは横方向になっている．両側の電磁石には永久磁石を取り付けている．電磁石のコイルは，6.0mm×6.0mm のボビンに直径 0.25mm のエナメル線を 150 回巻いたものを用いた．この巻き数は，エナメル線がボビンに納まる限界の巻き数である．鉄芯にはフェライトコアを用いる．フェライトは飽和磁束密度が大きく，金属性材料と比較し軽量で固有抵抗が大きいという特徴を持っている．移動体は超伝導体上に設置し，電磁石の電流を制御することで浮上・位置決めする．

3-1 実験装置 1

実験装置を Fig.1 に示す．永久磁石の吸引力・反発力とスプリングの弾性力を利用して移動させる．

移動原理を Fig.2 に示す．

① 装置を浮上させる．
②③A を OFF にし，ピンを外すことで永久磁石の吸引力により移動させる．
④ A を ON にし，ピンニングする．
⑤⑥B を OFF にし，ピンを外すことでスプリングの弾性力により移動させる．
⑦ B を ON にし，ピンニングする．
⑧⑨C を OFF にし，ピンを外すことで永久磁石の反発力で移動させる．
⑩ C を ON にし，ピンニングする．

この手順を繰り返し行うことで，移動が可能であると考える．

実験のシステム図を Fig.3 に示す. 電磁石が連動するように印加電流の ON/OFF 信号を与え，装置の右側から電磁石 C の変位をレーザセンサで測定した．

実験結果を Fig.4 に示す．電磁石 C を OFF へ切り替えたときに移動している．また，電磁石 C が ON のとき振動が発生している．これは，電磁石が傾いて浮上したためと考えられる．

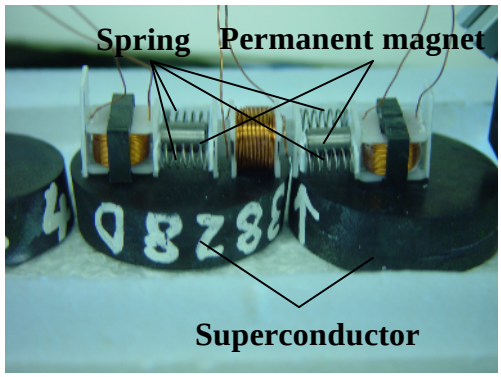

Fig. 1 Experimental device

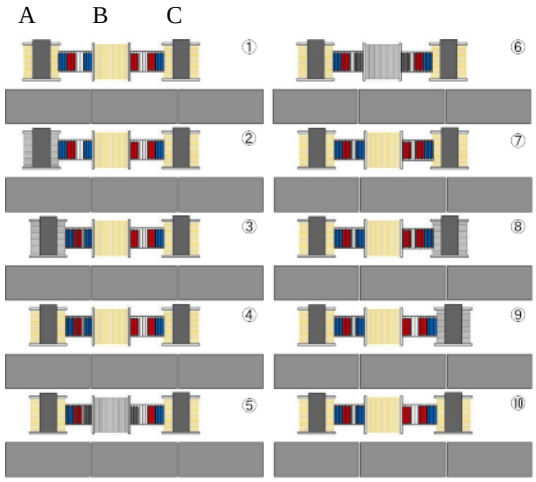

Fig. 2 Movement principle

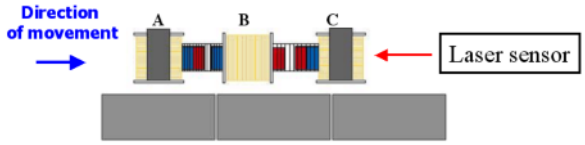

Fig. 3 System chart of experiment

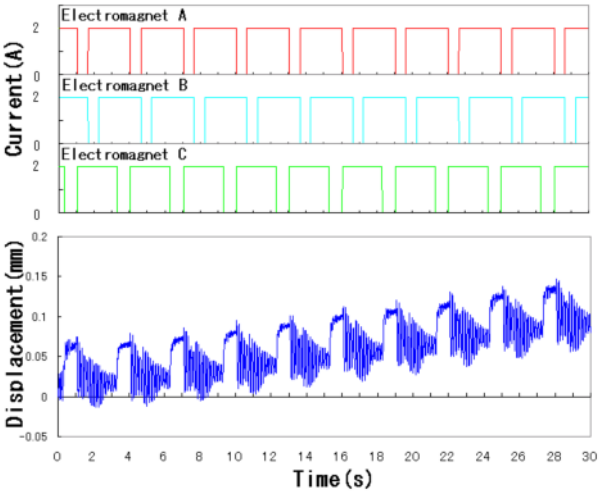

Fig. 4 Experiment result

3-2 実験装置 2

実験装置を Fig.5 に示す．左右の電磁石に取り付けた永久磁石の反発力・吸引力と中央の電磁石の磁極を変化させることで移動させる．

移動原理を Fig.6 に示す．

① 装置を浮上させる．

②③A を OFF にし，ピンを外すことで永久磁石の吸引力により移動させる．

④ A を ON にし，ピンニングする．

⑤⑥B の電流を逆にすることで永久磁石の反発力・吸引力で移動させる．

⑦ B の電流を逆にする．

⑧⑨C を OFF にし，ピンを外すことで永久磁石の反発力で移動させる．

⑩ C を ON にし，ピンニングする．

この手順を繰り返し行うことで，移動が可能であると考える．

実験のシステム図を Fig.7 に示す．電磁石が連動するように印加電流の ON/OFF 信号を与え，装置の左側から電磁石 A の変位をレーザセンサで測定した．

実験結果を Fig.8 に示す．電磁石 A を OFF へ切り替えたときに移動している．電磁石 B の ON/OFF の影響で移動している．電磁石 C が OFF のとき，振動が発生している．

4. 結言

超電導体のピン止め効果と電磁石を用いた移動原理を 2 種類提案し，装置の試作・移動実験を行った．その結果，十分ではないが移動が可能であることが確認できた．今後はより確実な移動ができるよう研究を進めたい．

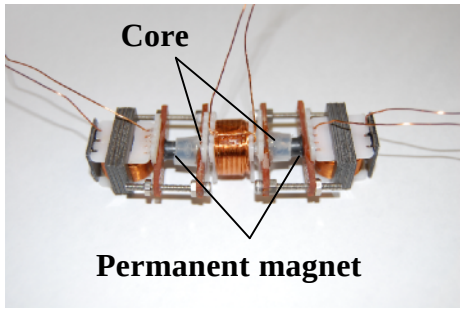

Fig. 5 Experimental device

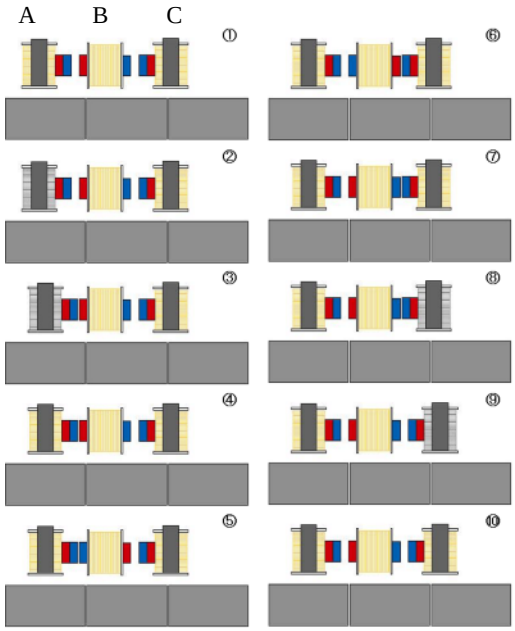

Fig. 6 Movement principle

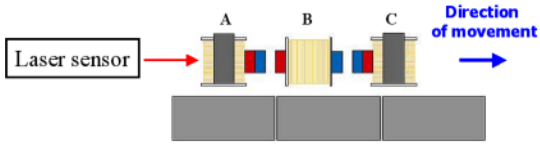

Fig. 7 System chart of experiment

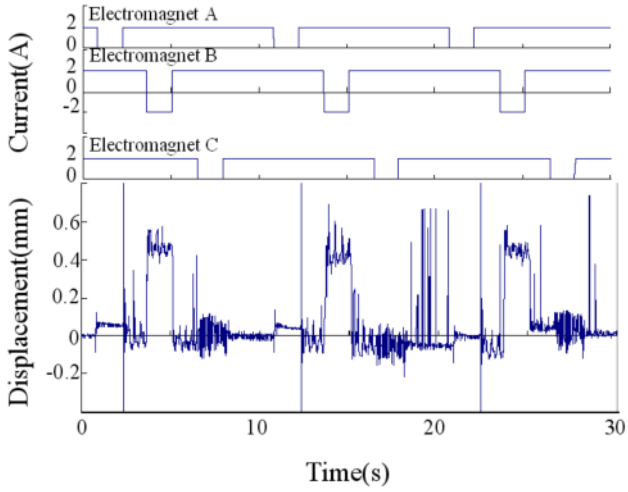

Fig. 8 Experiment result