

可変磁路制御機構による 2 つの鉄球の浮上制御

○中村豪太（高知工科大学） 鶴身輝（高知工科大学） 岡宏一（高知工科大学） 孫鳳（瀋陽工業大学）

Gouta NAKAMURA, Kochi University of Technology

Akira TSURUMI, Kochi University of Technology

Koichi OKA, Kochi University of Technology

Feng SUN, Shenyang University of Technology

1. 緒言

著者らのグループでは現在までに円盤磁石を用いた可変磁路制御型磁気浮上機構により角棒の非接触浮上に成功している⁽¹⁾。本研究では、同様の浮上システムを用いて 2 つの鉄球の同時浮上を提案する。この浮上システムでは、回転モータに取り付けられた永久磁石の回転角度を制御することにより 2 つの鉄球の浮上を実現するものである。

2. 浮上力の制御原理

可変磁路制御機構による浮上力の制御原理を示す。まず、Fig.1(a)の状態では図の矢印のように磁束が流れるため、2 つの鉄球に吸引力は働かない。このときの円盤磁石の角度を 0 とする。Fig.1(b)では、右側コアの N 極がコアに面する面積が S 極より大きくなる。そのため、N 極から出た磁束の一部が右のコアを通り右の鉄球に到達する。また、左側の磁束は左のコアと鉄球の空隙を通り磁石の S 極に戻る。その結果、コアと鉄球の間に吸引力が発生する。また、磁石の回転角度が大きくなるにつれて左右の鉄球を通る磁束の量が増加する。よって、コアと鉄球の吸引力を磁石の回転角度で制御することが出来る。

3. 試作装置

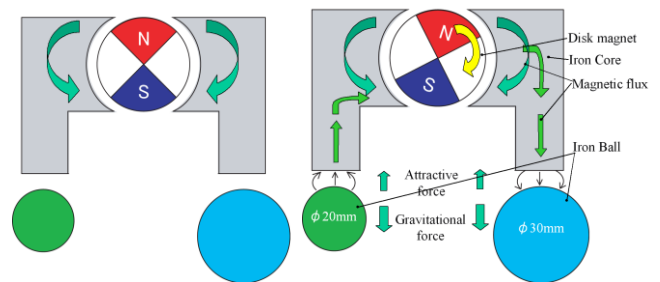
試作装置を正面から見た図を Fig.2 に示す。この浮上機構は、円盤磁石、回転モータ、F 型強磁性体パーマロイのコア、2 つの鉄球、2 つの渦電流センサで構成されている。

円盤磁石は、装置中央の円形のもので、直径 30mm、厚さ 10mm、直径方向上に磁極が半分になっているネオジウム磁石であり、垂直固定板の裏側に取り付けられている回転モータによって回転駆動される。コアは、円盤磁石の両側にあるもので、厚さ 10mm の F 型強磁性体のパーマロイである。2 つの鉄球は、サイズが異なっており、左の鉄球が直径 20mm で、右の鉄球が直径 30mm である。

4. 吸引力の測定

この磁気浮上システムにおける浮上力の変化を確認するため、鉄球とコアとの空隙距離や円盤磁石の角度を変化させた時の吸引力の測定を行った。測定のためにガウスメータと力センサを用いた。円盤磁石と両コアの間の距離を 2mm に調整し、円盤磁石の回転角度を 10° ごとに回転させて計測した。測定の時、一方の鉄球を 2mm に固定して、もう一方の鉄球の空隙距離を吸引力の測定では 1mm から 8mm まで測定した。

吸引力の測定結果は左の鉄球の結果を Fig.3 と Fig.4、右の鉄球の結果を Fig.5 と Fig.6 に示す。円盤磁石の回転角度が 0° または 180° であるとき、つまり N 極と S 極が上下方向にあるとき吸引力はほぼ 0 であることがわかる。また角度が 90° と 270° のとき、吸引力が最大値になっている。



(a) The magnet stops at 0 degree. (b) The magnet rotated a little.

Fig.1 Control principle of suspension forces

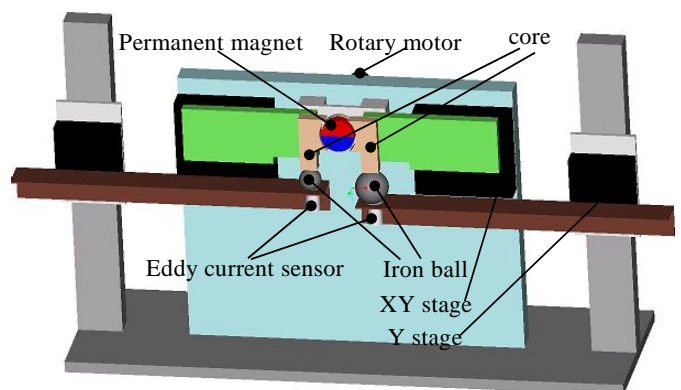


Fig.2 Photograph of the simultaneous suspension device

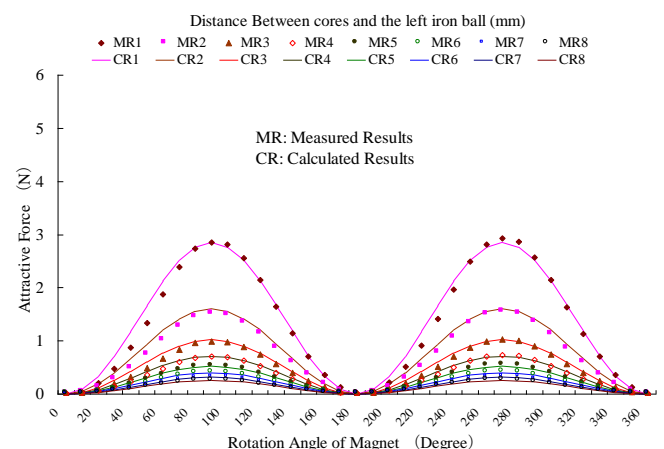


Fig.3 Relationship between force and rotational angle of left ball

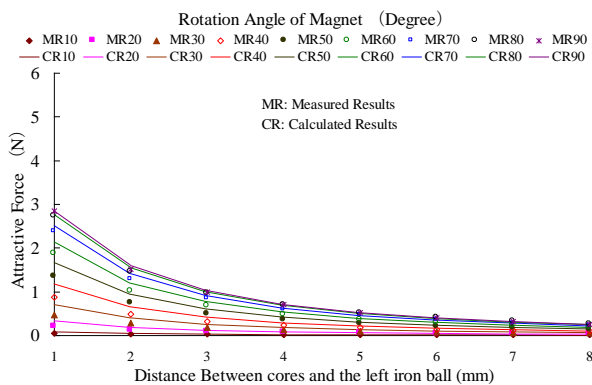


Fig.4 Relationship between force and air gap of left ball

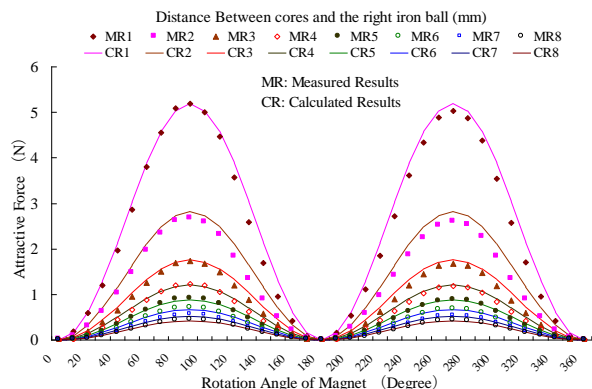


Fig.5 Relationship between force and rotational angle of right ball

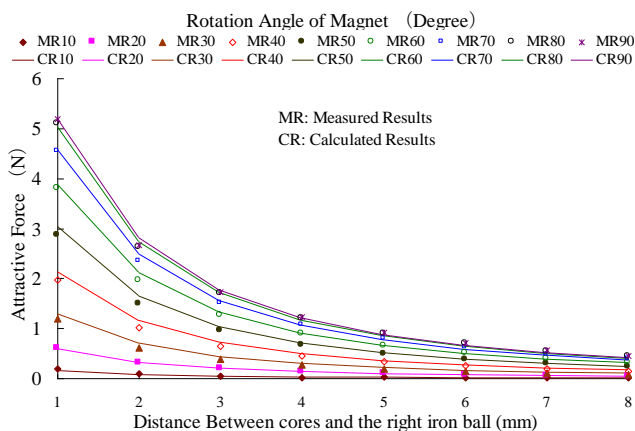


Fig.6 Relationship between force and air gap of right ball

5. 浮上実験と実験結果

2つの鉄球の互いの距離が十分でないため、互いに吸引してしまうため、2つの鉄球をリニアレールに取り付け、浮上の自由度を上下方向のみに制限して浮上実験を行った。

浮上の安定性を評価するためにステップ応答の実験を行った。実験では、安定浮上している左右の鉄球を上へ0.006mm動かし、応答を観測する。結果をFig.7とFig.8に示す。結果より、左右の鉄球にステップを入力した後も安定浮上状態になっていることがわかる。Fig.7では、左の鉄球の変位を上に変位させるステップ入力を加えると2つの鉄球が下に変位した。磁石の回転角度は、安定状態から一度小さくなり、最後の安定角度は前よりも大きくなった。これは、吸引力を小さくし、一度浮上体を下に変位させてから吸引力を大きくし、再び安定状態にしたからであ

る。変位した後の鉄球とコアの距離は大きくなったため、前より大きな磁力が必要なことが分かる。Fig.8より、右の鉄球を上に変位させるステップ入力を加えた時には、2つの鉄球が上に変位することがわかる。これは、Fig.7の結果と逆になった。

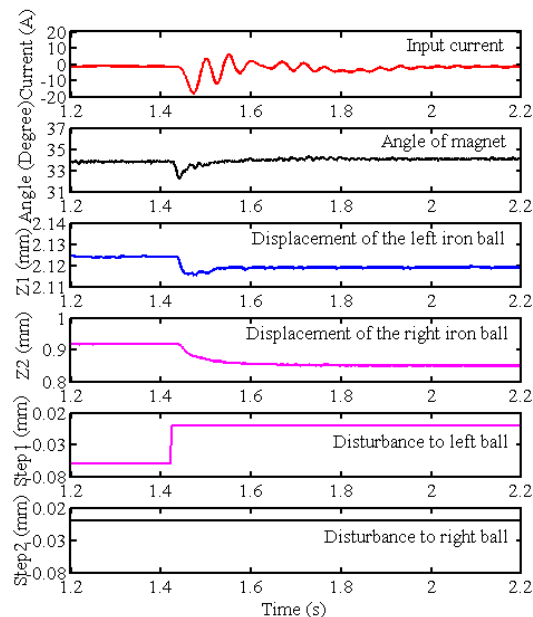


Fig.7 Step response to the left iron ball

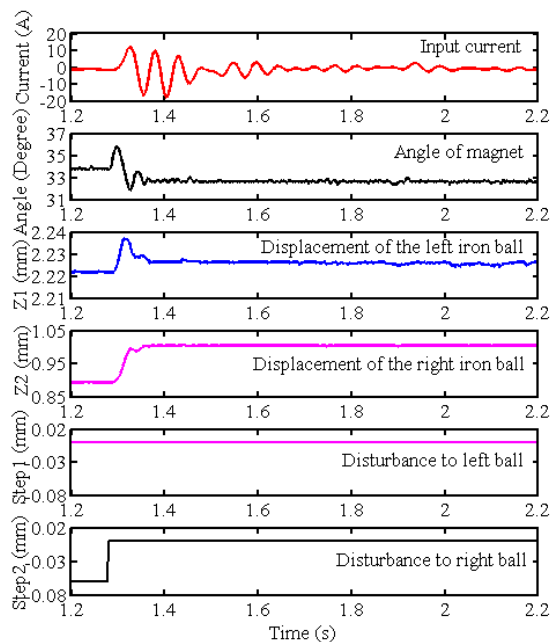


Fig.8 Step response to the right iron ball

6. 結言

円盤磁石と回転モータを用いた2つの鉄球の同時浮上システムを提案した。まず、可変磁路制御機構による浮上力の原理を説明し、試作の浮上装置を製作した。試作装置を用いた吸引力の測定を行った。最後に、試作装置を用いた浮上実験を行った。2つの鉄球にリニアレールを取り付け浮上の自由度を制限した浮上実験を行い、安定浮上に成功した。2つの鉄球の同時浮上が確認できた。

参考文献

- (1) 孫 鳳, 岡 宏一, 西原 雄太, “回転モータを利用した浮上システムの開発”, Dynamics & Design Conference 2009, 札幌, 日本, P.436, 2009.