



円板磁石の回転による非接触回転駆動機構

Noncontact Spinning Mechanism Using the Rotation of Disk Magnet

孫鳳（高知工科大学） 岡宏一（高知工科大学）

Feng SUN, Kochi University of Technology
Koichi OKA, Kochi University of Technology

1. まえがき

非接触回転機構のひとつとして、永久磁石とリニアモータを用いた磁気浮上回転駆動機構が提案されている⁽¹⁾。その回転駆動機構は、配置した4つの永久磁石をそれぞれ交互に浮上体に接近させることによって、浮上中の物体を非接触で回転させるものである。しかし、浮上体吸引力の不均衡や、方向の変化により、浮上体が回転により脈動することや、1 rps以上の回転速度が実現できないといった問題点がある。

今回、浮上体を非接触で回転させる新たな回転駆動機構を提案する⁽²⁾。この回転駆動機構では、永久磁石とリニアモータに替えて、円板磁石と回転モータを用いる。4つの円板磁石を配置し、同じ回転速度で回転させることにより、浮上体を非接触で回転駆動する。本報告では、回転駆動原理と試作装置を紹介し、FEM解析ソフトウェアを用いて磁束密度の分布の解析を行い、最後に試作装置により非接触回転駆動実験の結果を報告する。

2. 回転駆動原理と試作装置

2-1 試作装置

今回試作した回転駆動機構の写真を Fig.1 に示す。この試作装置は鉛直方向の浮上機構と水平方向の回転機構から構成され、鉄球を浮上体としている。写真の中央部分の浮上機構は、永久磁石、リニアモータ、2つの渦電流センサで構成されている。浮上部分の周りには4つの同じユニットは非接触回転駆動機構である。回転駆動部分は、4つの円板磁石と4つの回転モータから構成されている。円板磁石は直径が30mm、厚さが10mmであり、直径方向に磁化されている。回転モータはギアヘッドとエンコーダを組み立てている。

2-2 回転駆動原理

提案する回転駆動原理を Fig. 2 に示す。Fig. 2 は鉄球の鉛直上方から見た鉄球と円板磁石の図である。中央にある浮上体は鉄球であり、鉄球の表面には、残留磁気があると考えられる。また最も大きい残留磁気点は鉛直方向の浮上の際に鉄球の上下方向を決めるものである。このとき鉄球の水平方向には他の残留磁気点も残っている。これは水平方向の残留磁気点である。これらの4つの円板磁石を直交位置に鉄球から同じ距離で配置し、隣り合う円板磁石の磁極方向は反対となるように配置する。また全部の円板磁石を同じ方向同じ回転速度で回転させる。その結果、鉄球に対して、面する円板磁石の吸引力はいつも等しいが、残留磁気点に対して、全ての円板磁石の吸引力はいつも変化していることになる。この残留磁気点をNと仮定した場合、残留磁気点に対して、円板磁石Iの吸引力が一番大きいので、残留磁気点は円板磁石Iへ引き付けられ、円板磁石Iに面する位置に移動する。その結果、鉄球を時計回りに回転させることができる。次は、残留磁気点に対して最大の吸引力を持っている円板磁石はIIになっている。この一連の動

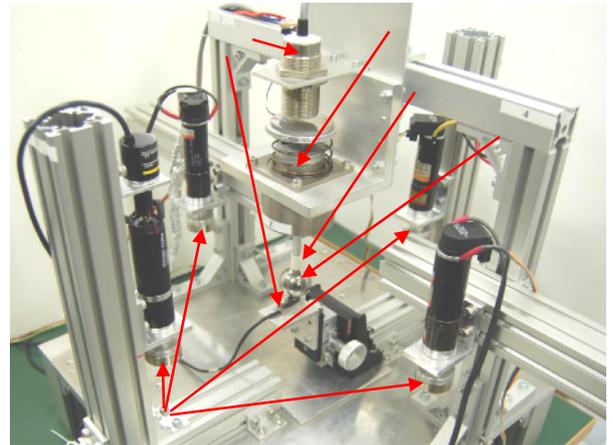


Fig.1 Photograph of noncontact spinning mechanism

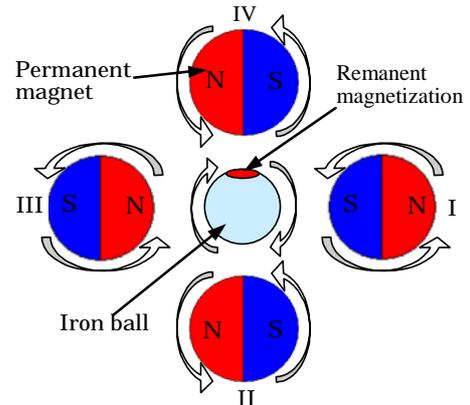


Fig.2 Spinning principle

作を繰り返し行うことで、鉄球を継続的に回転させる。

3. FEM解析

提案する回転駆動原理と試作装置を確認するため、(株)エルフ社のELFMAGICという解析ソフトウェアを用いて、回転駆動機構の磁場分布を解析した⁽³⁾。解析した結果を Fig. 3 と Fig. 4 に示す。図の中央のものは鉄球、周りの4つのものは円板磁石、それ以外は磁気空間である。円板磁石の矢印は磁極を表している。Fig. 3 は円板磁石が0° (Fig. 2と同じ場合)の時の解析結果である。Fig. 3の場合、鉄球の左右の磁気空間に高い磁束密度が発生し、左右の磁束密度が同じである。すなわち、鉄球には、左右の磁石から等しい吸引力が働き、上下の磁石の吸引力より強い。Fig. 4 は円板磁石を60°に停めた解析結果である。Fig. 3と比較すると、鉄球の周りの磁束密度の分布は変化している。このとき、高い磁束密度はほぼ60°の処に発生して、また鉄球に对称である。そのため、鉄球の周りの磁束密度は、円板磁

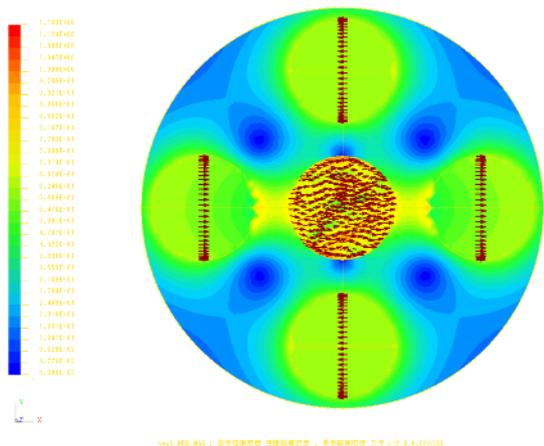
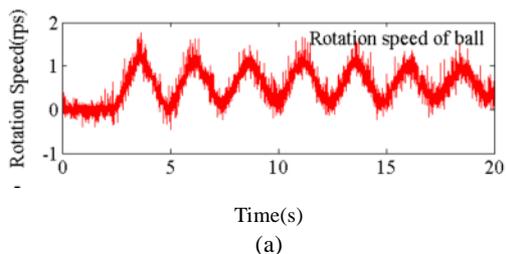
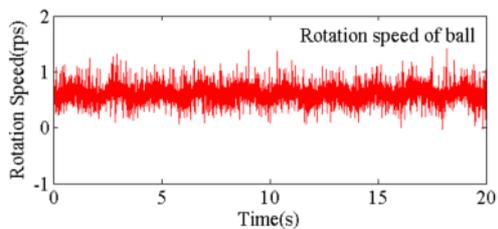


Fig.3 FEM analysis result when magnets stop at 0 °



(a)



(b)

Fig.5 Spinning speed of the iron ball when rotating stably

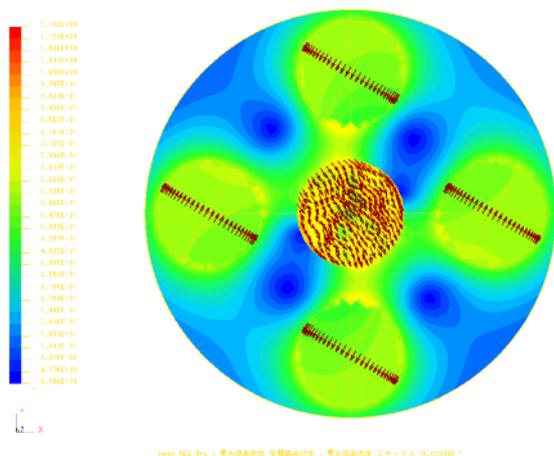


Fig.4 FEM analysis result when magnets stop at 60 °

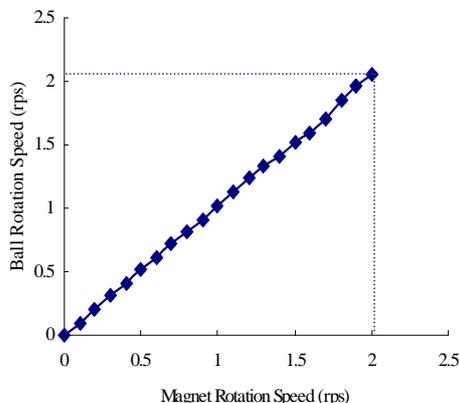


Fig.6 Relationship between input speed and output speed

石の回転角度により変化し、鉄球に常に対称で、磁束密度の高さが同じであることがいえる。

4. 回転駆動実験

試作装置を用いて、鉄球を回転させる非接触駆動実験を行った。円板磁石の位置は鉄球の中心から 75 mm に固定した。鉄球の回転数は、鉄球の表面速度をレーザフィードモニタ(表面変位計)で計測した。円板磁石を回転させ鉄球の回転が応答実験及び円板磁石と鉄球の回転数の関係の測定を行った。

応答実験では、浮上している鉄球に対して、静止している円板磁石を 0.5rps で回転させたときの鉄球の回転数を記録した。その結果を Fig. 5 に示す。Fig. 5(a)は回転数の応答結果であり、Fig. 5(b)は鉄球を比較的に安定回転しているときの結果である。図より、鉄球の回転数は磁石の回転数に素早く応答し、応答した回転数の平均値はほぼ 0.5 rps に等しい。しかし、回転数が一定ではない。さらに、比較に安定回転しているときの鉄球の回転数はほぼ 0.5rps である。これは、鉄球の回転のフィードバックを行っていないので、安定回転するまでに、時間がかかるためと考えられる。

円板磁石と鉄球の回転数の関係の実験では、円板磁石の回転数を 0 rps から 0.1 rps ずつ速くし、毎回円板磁石の回転数が変わった後、鉄球の回転速度が比較的に安定している時に、10 秒間の鉄球の回転速度を記録して、平均値を計算する。計測は鉄球の浮上状態が崩れるまでとした。計測

した結果を Fig. 6 に表す。この結果より、鉄球の最大回転数は 2rps 過ぎであり、磁石の回転数にほぼ等しい。さらに、相関係数は 0.99979 となり円板磁石と鉄球の回転数の関係はほぼ線形である。回転数の違いの原因は速度センサの調整精度が低いと考えられた。

5. むすび

本報告では、円板磁石と回転モータを用いた非接触による回転駆動機構を提案した。また、試作装置を作り、FEM 解析と回転駆動実験を行った。結果より、浮上中の鉄球を回転させ、鉄球と円板磁石の回転速度の関係はほぼ線形である。

参考文献

- (1) 藤原佑輔, 催天時, 岡宏一. 永久磁石の運動制御を用いた磁気浮上装置 - 浮上体の回転機構に関する考察, Dynamic and Design Conference 2004, No. 517, CD-ROM, 2004.
- (2) 孫鳳, 岡宏一. アクチュエータ駆動による非接触回転駆動機構 円板磁石の回転による駆動, 第21回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム, 20B4-1, 長野, 2009.
- (3) エルフカタログ