

永久磁石の直線駆動による非接触回転機構の残留磁気点モデルの考察

Model of Remnant Magnetization for Noncontact Spinning Mechanism Using Linearly Actuated Permanent Magnets

鶴身輝*, 岡宏一**, 孫鳳***

Akira TSURUMI*, Koichi OKA**, Feng SUN***

*高知工科大学大学院, 145040y@gs.kochi-tech.ac.jp

**高知工科大学, oka.koichi@kochi-tech.ac.jp

***瀋陽工科大学, sunfeng2009@gmail.com

概要: 本発表では, 永久磁石の直線駆動による非接触回転機構の残留磁気点モデルについて発表を行う. 初めに, 永久磁石の直線駆動による非接触回転機構の試作装置と回転原理を紹介し, 鉄球表面の残留磁気点のモデル化を行う. 次に, 残留磁気点モデルの回転特性について IEM 解析を行う. IEM 解析では, 残留磁気点が1つ及び2つの残留磁気点モデルを用いて解析を行い, 得られた結果より残留磁気点モデルの回転特性の検討を行う.

Keywords: 永久磁石, 非接触回転機構, 残留磁気点モデル, IEM 解析

1. 緒言

近年, 永久磁石を用いた様々な非接触回転機構が提案されている. その一つとして円筒形永久磁石の直線駆動による非接触回転機構がある⁽¹⁾. この機構は, 配置した4つの円筒形の永久磁石を順に浮上体に接近させ, 残留磁気点を引き付けることで浮上体を回転させる. 本発表では, 永久磁石の直線駆動による非接触回転機構の残留磁気点モデルについて発表を行う. まず, 非接触回転機構の試作装置と回転原理を紹介し, 浮上体(鉄球)表面の残留磁気点のモデル化を行う. 次に, 残留磁気点が1つ及び2つの残留磁気点モデルの回転特性について IEM 解析を行い, 各残留磁気点モデルについての考察を行う.

2. 試作装置と回転原理

試作装置の概略図を図1に示す. この機構は,

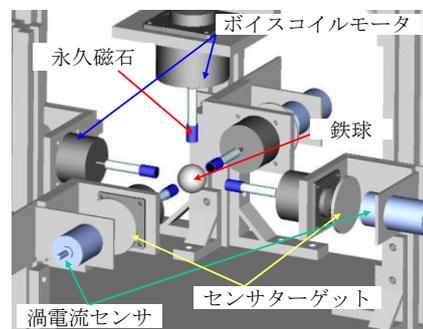


図1. 試作装置の概略図

浮上体を鉛直方向上に非接触浮上させ, 水平方向に回転させる機構である. 浮上部分は, 図1に示している機構の中央部分で, 永久磁石, ボイスコイルモータ, センサターゲット, 渦電流センサで構成されている. 回転駆動部分は, 図1に示している機構の回りの部分で, 永久磁石, ボイスコイルモータ, センサターゲットで構成されている装置を4つ配置している. 4つの装置は互いに独立しており, 回転駆動部分の永久

磁石は浮上部分と同じものである。

次に、回転原理を図2より説明する。図2は浮上中の鉄球の鉛直上部から見た鉄球と永久磁石だけの図である。浮上体である鉄球の表面には残留磁気の影響があると考えられる。図2中の様に残留磁気点があるとする。永久磁石を①の動きで鉄球に近付けることにより残留磁気点が引き寄せられ、②の動きで鉄球が回転する。そして、③の動きで永久磁石を鉄球から離し、同時に永久磁石を④の動きで近付けると、残留磁気点が引き寄せられ⑤の動きで鉄球が回転する。同様なことを繰り返すことで鉄球が回転する。

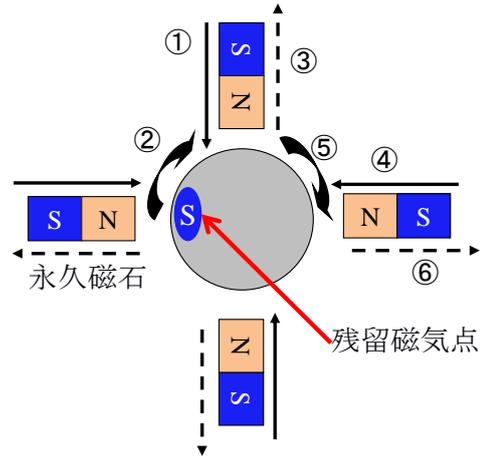


図2. 回転原理

3. 残留磁気点のモデル化

鉄球の表面にある残留磁気点の強さが非常に弱いため、直接鉄球の回転トルクを測れない。回転機構の回転トルク特性を考察するため、残留磁気点を永久磁石に置き換えモデル化を行った。残留磁気点モデルを図3に示す。モデルでは、永久磁石の1つの極を鉄球の表面の位置に配置し、残留磁気点とする。また、永久磁石のもう1つの極を鉄球の中心に配置する。上部の永久磁石は鉄球の真上にある残留磁気点とし、横の永久磁石は鉄球の赤道にある残留磁気点とする。

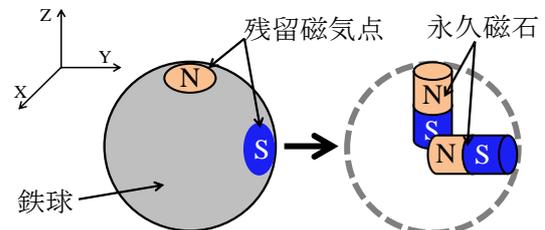


図3. 残留磁気点モデル

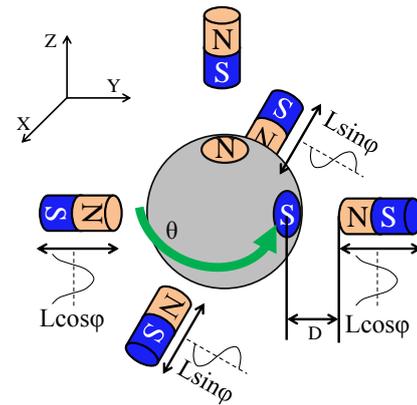


図4. IEM 解析モデル 残留磁気点1個

4. 回転トルクの IEM 解析

残留磁気点が鉄球の赤道に1つある場合の IEM 解析モデルを図4に示す。図4では、鉄球の回転角度を θ に、永久磁石を駆動させる正弦波と余弦波の角度を ϕ に表している。磁石の振幅 L は 4mm で、永久磁石から鉄球の表面までの距離 D は 7mm である。このモデルを用いて回転トルクの解析を行った。永久磁石の ϕ を 30° 刻みで変化させ、各 ϕ で残留磁気点を $0^\circ \sim 360^\circ$ まで 5° 刻みに回転させた。解析結果を図5に示す。グラフでは、横軸は鉄球の回

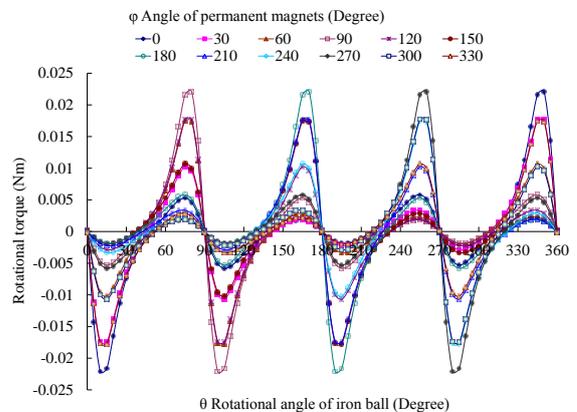


図5. 解析結果 残留磁気点1個

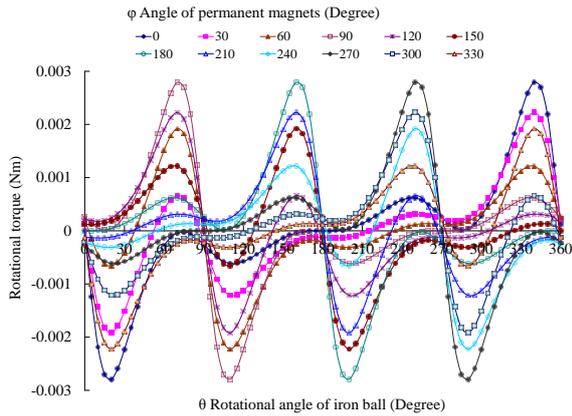


図 6. 解析結果 残留磁気点 1 個
($L=10\text{mm}$, $D=20\text{mm}$)

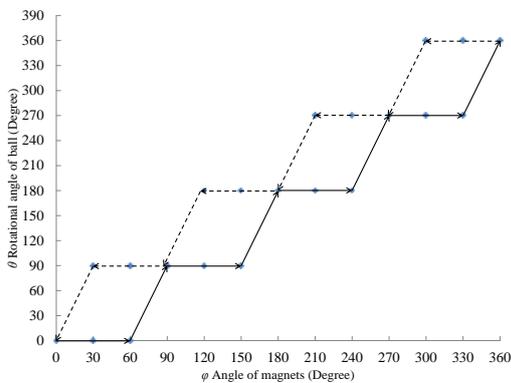


図 7. 図 6 の安定点の分布

転角度 θ , 縦軸は浮上体の Z 軸周りのトルクであり, 各線は永久磁石を駆動させる正弦波と余弦波の各角度 ϕ に応じたトルクを表している. また, グラフ上で右下がりにトルク 0 と交わっている点は安定点である. 永久磁石を固定していると, 安定点に変化せず, 浮上体が安定点に留まることで回転しない. 永久磁石を駆動させることで安定点の位置が変化し, 浮上体の回転が可能になる.

しかし, 図 5 に示している結果では, 永久磁石が動いた場合でも全ての安定点は動かず, 0° , 90° , 180° と 270° の 4 点に集まっているため, 浮上体が回転できないと考えられる. しかし, 実際は, この機構によって, 回転制御が可能である.

次に, 図 4 に示しているモデルの永久磁石の振幅 L を 10mm に, 距離 D を 20mm にし,

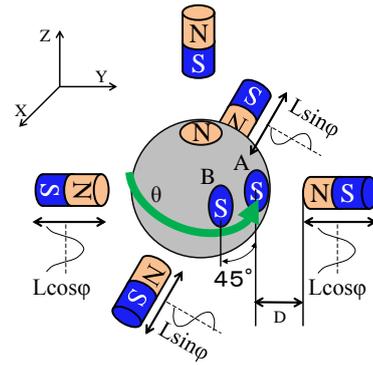


図 8. IEM 解析モデル 残留磁気点 2 個
($L=10\text{mm}$, $D=20\text{mm}$, A と B の間 45°)

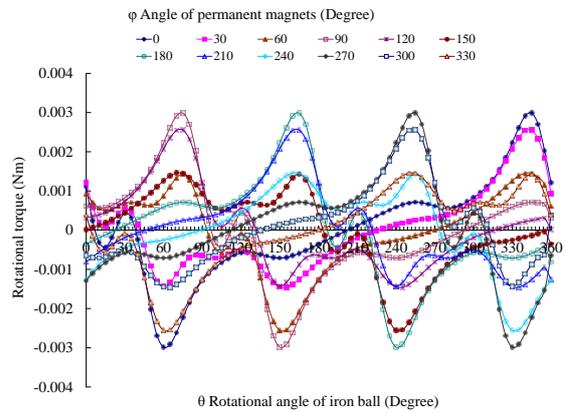


図 9. 図 8 での解析結果

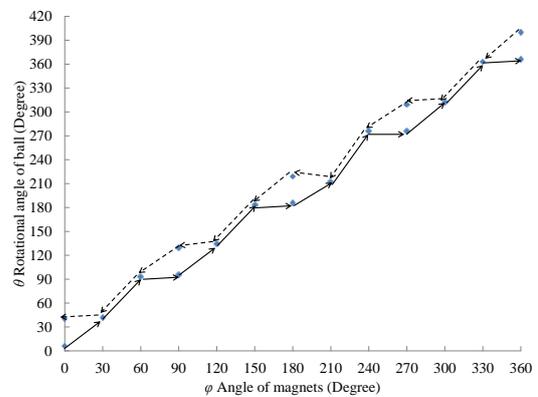


図 10. 図 9 の安定点の分布
解析を行った. 解析結果を図 6 に示す. 図 6 での最大トルクは図 5 より小さくなったが, 安定点は一つの点に集まらず, 離れている. 安定点の分布を図 7 に示す. 図 7 より, ϕ を大きくすると, 鉄球の回転角度が実線の矢印沿いに増えていることがわかる. 逆に, ϕ を小さくすると, 鉄球の回転角度が点線の矢印沿いに減少していることもわかる. 従って, 鉄球を違うルート

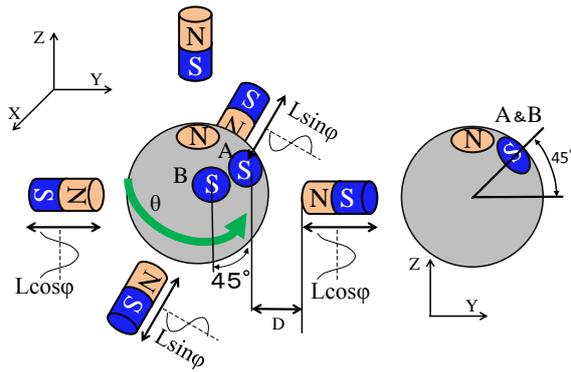


図 1 1. IEM 解析モデル 残留磁気点 2 個 (L=10mm, D=20mm, A と B の間 45°, 赤道 上から 45° 上)

で両方向に回転できた。この結果より、鉄球を回転させることが可能と確認できた。

また、2つの残留磁気点を用い、機構の回転トルク特性を考察した。2つの残留磁気点モデルを図 8 に示す。モデルでは、振幅 L と距離 D は 10mm と 20mm であり、赤道上的残留磁気点 A は図 4 に表している残留磁気点と同じである。残留磁気点 B は A から赤道沿いに、時計周りに 45° の所に仮定し、2つの残留磁気点の強さは同じにした。解析結果を図 9 に、安定点の分布を図 10 に示す。図 10 より、鉄球を違うルートで両方向に回転できることがわかった。また、 ϕ を変化させるにつれて、鉄球の角度変化が直線に近付くこともわかった。したがって、2つの残留磁気点を用いた場合では、鉄球の回転安定性が1つの残留磁気点の結果より良くなったといえる。

最後に、図 1 1 の様に 2 つの残留磁気点 A と B を鉄球の赤道から真上の残留磁気点に近付く方向に 45° 移動させて、解析を行った。解析結果を図 1 2 に、安定点の分布を図 1 3 に示す。これらの結果から、トルクの最大値は小さくなるが、鉄球を同じルートで両方向に回転でき、磁石と鉄球の角度の関係はほぼ線形になることがわかった。

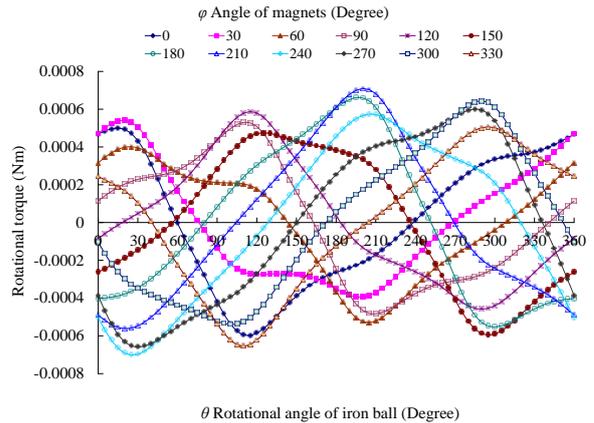


図 1 2. 図 1 1 での解析結果

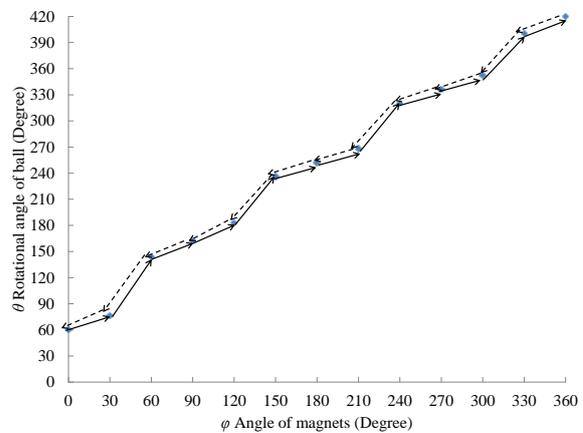


図 1 3. 図 1 2 の安定点の分布

5. 結言

永久磁石の直線駆動による非接触回転機構の残留磁気点モデルについて IEM 解析を行った。解析結果より、1つ及び2つの残留磁気点で、鉄球を両方向に回転できることが確認できた。2つの残留磁気点の場合は1つの残留磁気点の場合より、回転の安定性が良くなることがわかった。

参考文献

- [1] 岡 宏一, 藤原 佑輔, 森本 裕樹: 永久磁石の運動制御による鉄球の非接触回転制御・回転特性の検討, 第 19 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム, no. 7, pp. 51-52, 2007.
- [2] 孫 鳳, 鶴身 輝, 岡 宏一: 永久磁石を用いた非接触回転駆動機構のトルク特性, Dynamics and Design Conference 2010, no. 10-8, CD-ROM 論文集 725, 2010.