

磁性剛体球の回転軸制御に向けた基礎検討 —歳差運動の回転速度と印加磁界の関係—

C-15

Basic Study on Rotational Axis Control of a Magnetic Solid Sphere

-Relationship Between Rotational Speed of Precession and Applied Magnetic Field-

東 貴範[†]岸本 誠也[†]大貫 進一郎[†]Takanori HIGASHI[†]Seiya KISHIMOTO[†]Shinichiro OHNUKI[†][†] 日本大学理工学部[†] College of Science and Technology, Nihon University

1. はじめに

磁気車輪[1] やモータの回転子では、効率の良い回転を実現するために回転軸の制御が重要である。本報告では、磁性を有する剛体球の回転軸制御の基礎検討として、歳差運動の回転速度と印加磁界の関係を明らかにする。

2. 解析手法

本報告における磁性剛体球の解析モデルを図 1(a) に示す。回転座標系[2]における正準方程式を導出し、歳差運動の回転速度 $\dot{\phi}$ に関する方程式の一例を以下に示す。

$$\dot{\phi} = \frac{1}{\sin \theta} (\omega_1 \sin \psi + \omega_2 \cos \psi) \quad (1)$$

$$\omega_1 = \frac{1}{I} \left[\left(\frac{p_\phi}{\sin \theta} - \frac{p_\theta}{\tan \theta} \right) \sin \psi + p_\theta \cos \psi \right] \quad (2)$$

$$\omega_2 = \frac{1}{I} \left[\left(\frac{p_\phi}{\sin \theta} - \frac{p_\theta}{\tan \theta} \right) \cos \psi - p_\theta \sin \psi \right] \quad (3)$$

ただし、 p_q を q 方向に関する運動量、 I を磁性剛体球の慣性モーメントとする。

3. 解析結果

図 1(a) の各パラメータを $\theta = 0.5$ rad, $r = 0.1$ m, $M_1 = 0.1$ Wb/m とし、重心が並進運動しない仮定の下、質量 $m = 20$ kg, 歳差運動の回転速度 $\dot{\phi}$ を 20 rad/s と与えた。図 1(b) のように磁性剛体球を磁性平面体に対し 5 m 離れた位置に配置し、磁性平面体の磁気モーメント M_2 を図 2 に示す条件 A 及び B で変化させた場合の運動を解析した。

条件 A の磁性剛体球における $\dot{\phi}$ の時間応答を図 3 に示す。磁性平面体より生じる磁界が時間に応じて増大するため回転軸は立ち上がり、歳差運動の軌道半径が低下し、 $\dot{\phi}$ が初期値より上昇していることがわかる。

図 4 に条件 B における結果を示す。 M_2 の大きさが増加すると角度 θ はより速く立ち上がるため、回転速度 $\dot{\phi}$ が大きく上昇していることが示される。

以上より、章動運動により運動量が発生し、角度 θ が変化するため、回転速度 $\dot{\phi}$ は振動することがわかる。また、外部磁界が大きいほど章動運動により生じる運動量が增大するため、 $\dot{\phi}$ は大きく振動する。

4. まとめ

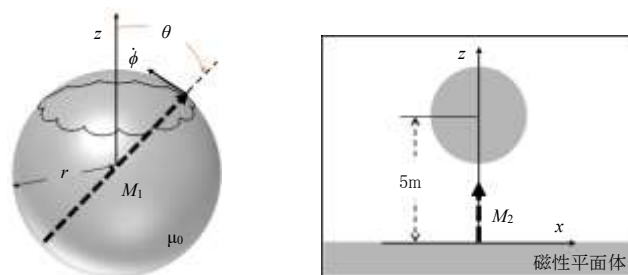
本報告では、磁性剛体球に磁界を印加し歳差運動の回転速度変化を解析した。印加磁界に応じた章動運動と歳差運動の関係を明らかにし、回転軸制御に向けた基礎検討を行った。

5. 今後の課題

今後は磁界印加の方法を変化させることで回転軸の章動運動が発生しないよう改良する予定である。

謝辞

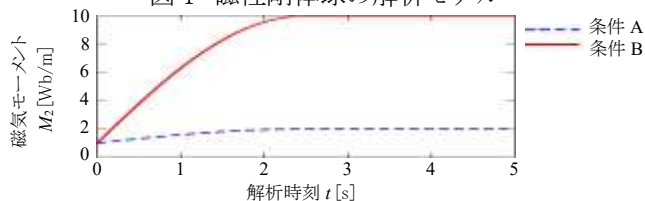
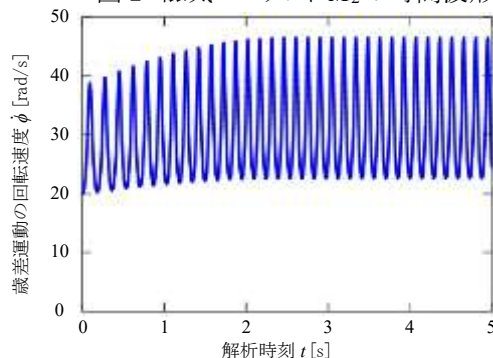
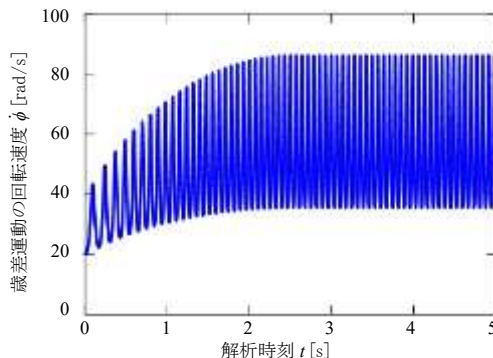
本研究の一部は、日本大学理工学部プロジェクト研究助成金の援助を受けて行われた。



(a) 磁性剛体球

(b) 配置図

図 1 磁性剛体球の解析モデル

図 2 磁気モーメント M_2 の時間波形図 3 歳差運動の回転速度 $\dot{\phi}$ の時間変化(条件 A)図 4 歳差運動の回転速度 $\dot{\phi}$ の時間変化(条件 B)

参考文献

- [1] 藤井信男, 小川幸吉, 松本敏雄, 電気学会論文誌 D (産業応用部門誌), 115 巻, 3 号, pp. 319-326, 1995.
[2] 阿部龍蔵:「力学・解析力学 岩波基礎物理シリーズ 1」, 岩波書店, pp. 178-181, 2008.