

磁化の歳差運動解析に向けた複合物理演算法の開発
Development of Multiphysics Simulation for Magnetization Precession

○向田智貴¹, 岸本誠也², 中川活二³, 大貫進一郎²

*Tomoki Mukita¹, Seiya Kishimoto², Katsuji Nakagawa³, Shinichiro Ohnuki²

Abstract: Investigation on properties of magnetic materials plays an important role in realizing high performance and power saving technologies such as microwave assisted magnetic recording and MRAM (Magneto Resistive Random Access Memory). We have developed a multiphysics simulation method in order to study the interaction of electromagnetic fields and magnetization. Our method consists of sequential calculation of electromagnetic fields using the FDTD (Finite-Difference Time-Domain) method for Maxwell's equations and movement of the magnetization using the 4th order Runge-Kutta method for LLG (Landau-Lifshitz-Gilbert) equation.

マイクロ波アシスト磁気記録によるハードディスクの高密度化やMRAM(Magneto Resistive Random Access Memory)の実用化など高性能かつ省電力な装置の実現^[1]に向けて、磁性体の特性が解明されている。実験結果のみを利用したデバイス開発は一般的に困難であり、電磁界と磁化の相互作用をシミュレーションにより解明することはデバイスの高性能化や物理現象の理解に重要である。

本報告では、Maxwell 方程式における電磁界分布を FDTD(Finite-Difference Time-Domain)法^[2]より、LLG 方程式(Landau-Lifshitz-Gilbert)における磁化ベクトルの歳差運動を4次ルンゲクッタ法より逐次計算し、それらを連成することで複合物理演算を行う。式(1)はLLG 方程式を磁化ベクトル \mathbf{M} の z 成分に対して定式化した、常微分方程式である。

$$\frac{dM_z}{dt} = -\frac{\gamma}{1 + \alpha^2} (M_x \cdot H_y - M_y \cdot H_x) - \frac{\gamma\alpha}{(1 + \alpha^2)M_s} \{M_x(M_z \cdot H_x - M_x \cdot H_z) - M_y(M_y \cdot H_z - M_z \cdot H_y)\} \quad (1)$$

ここで、 γ は磁気回転比、 α は減衰定数、 M_s は飽和磁界、 \mathbf{H} は有効磁界を表す。

図1はコバルトを想定し、 $-z$ 方向に磁界を印加して複合物理演算より得られた磁化の歳差運動の軌跡である。また、図2は磁化 \mathbf{M} の z 成分の時間応答波形である。磁化はおおよそ 1.5×10^6 A/mから -1.5×10^6 A/mの範囲で変化し、磁化反転から、その後の定常状態への推移を確認できる。

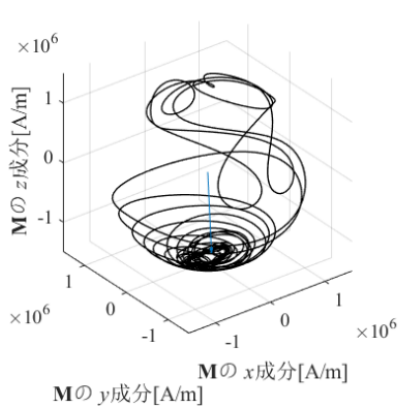


図1 歳差運動の軌跡

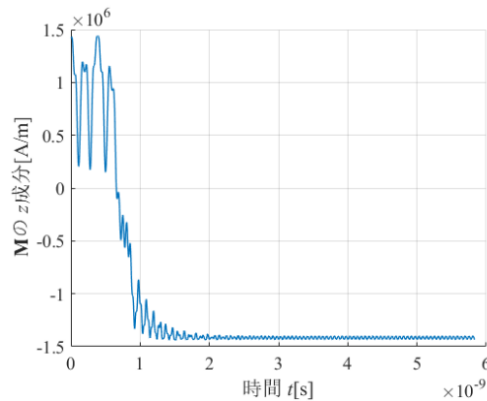


図2 時間応答波形

参考文献

- [1] Eisei Uda, Masato Yokoe, Kazuetsu Yoshida and Yasushi Kanai: "Oscillation Characteristics and Influences of Eddy Current on Oscillator for MAMR", Journal of the Magnetics Society of Japan, Vol. 33, No. 4, pp. 357-361, 2009.
- [2] Jean-Pierre Berenger: "A Perfectly Matched Layer for the Absorption of Electromagnetic Waves", Journal of Computational Physics, Vol. 114, pp. 185-200, 1994.

1 : 日大理工・学部・電気, 2 : 日大理工・教員・電気, 3 : 日大理工・教員・電子