

電磁波と磁化の高速複合物理解析 Fast Multiphysics Analysis of Electromagnetic Waves and Magnetization

○伊藤勇太¹, 岸本誠也², 中川活二³, 大貫進一郎²

*Yuta Ito¹, Seiya Kishimoto², Katsuji Nakagawa³, Shinichiro Ohnuki²

Abstract: Analysis of magnetization dynamics in magnetic materials requires a numerical evaluation of the interaction between electromagnetic fields and magnetization. We have developed a multiphysics method that combines the Maxwell's equation and the LLG (Landau-Lifshitz-Gilbert) equation, however, the computational cost becomes expensive. In this report, a fast and precise multiphysics analysis is realized using novel multi-scaling models.

反強磁性体を用いたテラヘルツ波の発振や、強磁性体を用いたマイクロ波磁気記録における磁化のシミュレーションは、磁化の非線形特性を表現する必要があるため電磁界と磁化との相互作用の解析が重要である。そのため、著者らは電磁波の Maxwell 方程式と磁化の LLG (Landau-Lifshitz-Gilbert) 方程式を連成する複合物理演算法^[1]を提案した。

Maxwell 方程式を解く際に用いる FDTD (Finite-Difference Time-Domain)法^[2]の安定性は CFL(Courant-Friedrich-Levy)条件に従うため、空間離散間隔により決まる時間離散間隔を選定する必要がある。また、LLG 方程式の解析では、磁化の交換相互作用の影響を正確に表現するために、電磁波を扱う場合に比べ空間的により詳細なモデリングが必要となる。Maxwell 方程式と LLG 方程式の空間離散間隔を揃えた場合、複合物理解析における時間離散間隔は細かくなり、計算時間は膨大となる。

本報告では、電磁波と磁化の空間離散間隔を変化できるマルチスケールモデルを提案する。図1に計算のイメージ図を示す。図のように電磁界と磁化の空間離散間隔を一定の割合で変えることにより計算のコストを削減し高速化を実現する。図2に示す真空中に磁性体を配置し直線偏波を入射する解析モデルを用いて解析を行う。磁性体は強磁性体であるイットリウム鉄ガーネット^[3]を想定する。マルチスケールモデルを複合物理演算法に適用することで計算精度を保ちつつ計算時間が削減されることを示す。

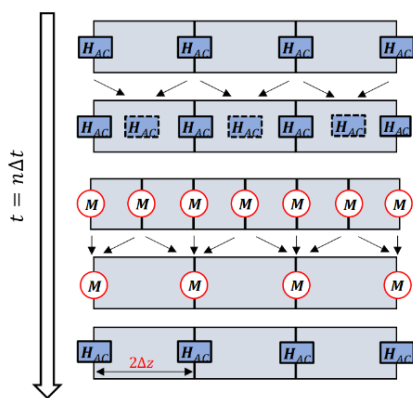


Figure1. マルチスケールモデリング

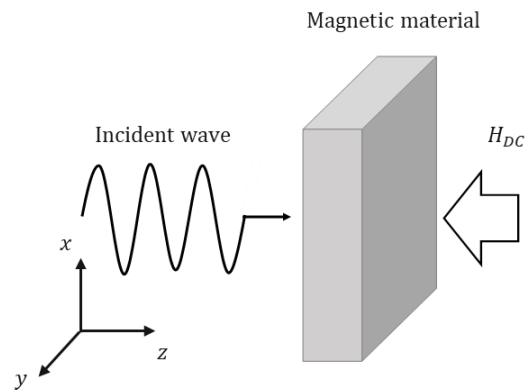


Figure2. 解析モデル

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP21K17753 及び、JP23K03961 の援助を受けて行われた。

参考文献

- [1] 伊藤勇太, 安田 拓弥, 岸本 誠也, 大貫 進一郎:「複合物理演算法を用いる磁性体の非線形特性解析」, 信学技報, Vol.122, No.256, EMT2022-57, pp.75-78, 2022年11月.
- [2] 宇野亨:「FDTD 法による電磁界解析及びアンテナ解析」, コロナ社, 東京, 1998年.
- [3] Y. Ito, T. Yasuda, K. Kishimoto S. Ohnuki “Accuracy Verification of Multiscale Analysis for Interaction Between Electromagnetic Fields and Magnetization” (URSI-GASS 2023), B07-6-3, SAPPORO, Japan, August 2023.

1 : 日大理工・院 (前)・電気 2 : 日大理工・教員・電気 3 : 日大理工・教員・電子