

メタマテリアル設計に向けた電磁界解析の基礎検討

Basic Study of Electromagnetic Field Analysis for Designing Metamaterial

○都木慶吾¹, 岸本誠也², 大貫進一郎²*Keigo Takagi¹, Seiya Kishimoto², Shinichiro Ohnuki²

Abstract: The ADE-FDTD (auxiliary differential equation Finite-Difference Time-Domain) method incorporates the equation of motion of electrons into Maxwell's equations. It is promising for studying the interaction between electromagnetic wave and material, and is useful for designing metamaterial. As a basic study for the design of metamaterial, to use the ADE-FDTD method to verify the time response of the electromagnetic field when a plane wave is incident on a scatterer composed of metal. In addition, the influence of the design structure on the oscillators in the metamaterial will be examined.

近年、微細な単位素子構造を周期的に配列したメタマテリアルとナノサイズの磁性体を用いて磁気カイラル効果を促す研究^[1]が行われている。この検討を詳細に行うためには、磁性体近傍に生じる電磁界とメタマテリアル間の相互作用を数値解析により評価することが重要である。本報告では、メタマテリアルの光学応答特性を電磁界解析により検討する。

メタマテリアルは金属などに代表される、照射する光の周波数によって電気的特性が異なる分散性媒質で構成される。電磁界の時間応答解析に用いられる代表的な手法として、FDTD (Finite-Difference Time-Domain) 法^[2]がある。これは Maxwell 方程式を空間と時間的に差分化し、逐次計算することで電磁界強度を数値的に得る手法である。磁性体近傍の電磁界がメタマテリアル中の電子に及ぼす影響を組み込む場合、Maxwell 方程式の解析に加え、物性系の支配方程式との強連成を行う必要がある^[3]。このため、補助微分方程式 (Auxiliary differential equation: ADE) として電子の運動方程式を Maxwell 方程式に組み込んだ ADE-FDTD 法^{[4][5]}について検討する。本報告では分散性媒質であるメタマテリアルの設計に向けて、電子の運動を考慮した ADE-FDTD 法を用いて、金属で構成される散乱体に平面波を入射した際の電磁界の時間応答を検証する。そして、メタマテリアルを構成する金属中の振動子が、設計構造により受ける影響を検証する。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP21K17753 及び、日本大学理工学部研究助成金の援助を受けて行われた。

参考文献

- [1] H. Kurosawa and S. inoue, "Born-Kuhn model for magnetochiral effects", *Physical Review*, vol. 98, no. 5, pp 053805 - 1-5, 2018
- [2] 宇野亨:「FDTD 法による電磁界及びアンテナ解析」第1版, コロナ社, pp1-9, 22-32, 2013年
- [3] 都木慶吾, 岸本誠也, 大貫進一郎:「電磁波と磁性材料の相互作用を考慮したマルチフィジックス計算法の開発とデバイス設計への応用」, 電気学会, 第11回学生研究発表会, 1-8, 2021年
- [4] T. Yamaguchi and T. Hinata, "Optical near-field analysis of spherical metals: Application of the FDTD method combined with the ADE method", *Optics Express*, vol. 15, no.18, 11481-11491, 2007
- [5] A. D. Rakić, A. B. Djurišić, J. M. Elazar, and M. L. Majewski, "Optical Properties of Metallic Films for Vertical-Cavity Optoelectronic devices", *Applied Optics*, vol. 37, no. 22, 5271-5283, 1998