

微小金属における電磁界時間応答波形の参照解 ～ FDTD 法の精度検証 ～

Reference Solutions of Electromagnetic Responses for Metallic Nano Objects in Time Domain ~ Accuracy Verification of the Finite-Difference Time-Domain Method ~

○増田宗一郎¹, 岸本誠也², 大貫進一郎²

*Soichiro Masuda¹, Seiya Kisimoto², Shinichiro Ohnuki²

Abstract: In computational electromagnetics, reliability of computational solutions is one of the most important issues. Accuracy verification of computational methods and commercial softwares is evaluated in both frequency-domain and time-domain using Fourier transform. However, conventional methods become expensive to obtain distribution of the electromagnetic field for dense time and space sampling points. In this presentation, we derive exact solutions of various dielectric cylinders and spheres in complex-frequency-domain and obtain the time-domain responses using fast inverse Laplace transform (FILT). Our solutions are highly reliable and they can be considered as time-domain reference solutions. The computational accuracy of the popular Finite-Difference Time-Domain (FDTD) method is examined in time-domain and usefulness of our solutions is validated.

計算電磁気学の分野では商用シミュレータや各種計算手法の開発が盛んに行われている。これらはマイクロ波や光デバイス^[1]などの設計・開発において現在、重要な役割を担っている。特に時間領域解析手法を電磁界ソルバーとして搭載した商用シミュレータは、デバイスのモデリングからその動作検証まで開発現場で広く用いられる。これらの信頼性検証は周波数及び時間領域の解と比較することで通常は行われる。しかしながら、従来のフーリエ変換により界分布を求める手法では、サンプリング定理を満足するように周波数及び時間領域での全データを扱う必要がある。

著者らは電磁界を複素周波数領域で求め、高速逆ラプラス変換(FILT: fast inverse Laplace transform)法^[2-4]を用いて時間領域の数値解を求める方法を提案した。高速逆ラプラス変換法は、計算精度の有効桁数を制御でき、ある任意時刻での界分布のみを容易に求められる、という利点がある。本報告では、複素周波数領域における微小金属円柱と球の電磁波散乱の厳密解を求め、高速逆ラプラス変換により時間領域の界を導出する。求めた界は現存する数値解の中で最も信頼性が高く、時間領域の参照解とみなせる。電磁界解析手法として広く利用される時間領域有限差分(FDTD: Finite-Difference Time-Domain)法^[5]により求めた界分布と導出した参照解を比較し、FDTD法の精度検証が可能となることを示す。

謝辞

この研究の一部は、科研費基盤(C)17K06401, 及び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。

参考文献

- [1] K. Nakagawa, Y. Ashizawa, S. Ohnuki, A. Itoh and A. Tsukamoto: "Confined circularly polarized light generated by nano-size aperture for high density all-optical magnetic recording", *J. Appl. Phys.*, Vol. 109, No. 7, 07B735, 2011.
- [2] T. Hosono: "Numerical inversion of Laplace transform and some applications to wave optics", *Radio Science*, vol. 16, no. 6, pp. 1015 - 1019, 1981.
- [3] D. Wu, R. Ohnishi, R. Uemura, T. Yamaguchi and S. Ohnuki: "Finite-difference complex-frequency-domain method for optical and plasmonic analysis", *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 30, no. 11, June 2018.
- [4] S. Masuda, M. Endo, R. Ohnishi and S. Ohnuki: "Time-Domain Reference Solutions of Near-Field EM Waves Using Fast Inverse Laplace Transform", Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2018), August 1-4, Toyama, 2018.
- [5] A. Taflove and S. C. Hagness: "Computational Electrodynamics: the finite- difference time-domain method-3rd ed", Norwood, Boston Artech House, 2005.

1 : 日大理工・院 (前)・電気 2 : 日大理工・教員・電気