

## FTD法による無限長ソレノイドコイルのポテンシャル解析 Potential Analysis of Infinite Length Solenoid Coil by the FDTD Method

○東貴範<sup>1</sup>, 岸本誠也<sup>2</sup>, 佐甲徳栄<sup>3</sup>, 大貫進一郎<sup>2</sup>\*Takanori Higashi<sup>1</sup>, Seiya Kishimoto<sup>2</sup>, Tokuei Sako<sup>3</sup>, Shinichiro Ohnuki<sup>2</sup>

Abstract The FDTD (: Finite-Difference Time-Domain) method is widely used in order to perform electromagnetic simulation, where electric and magnetic fields are unknown and updated by sequential computation. To realize a coupled simulation of Maxwell's and Schrödinger equations using the FDTD scheme, both electromagnetic fields and potentials should be updated, and computational cost becomes expensive. We will propose a novel FDTD method in which electromagnetic potentials are unknown and updated. Computational cost and accuracy will be discussed for potential analysis of infinite length solenoid coil.

電界と磁界を未知変数として逐次計算により時間更新を行う FDTD (: Finite-Difference Time-Domain) 法が電磁界解析に広く用いられる。電磁界と量子系の混合物理解析<sup>[1]</sup>を行う際、Maxwell 方程式と Schrödinger 方程式との混合演算が必須となる。この演算過程において、電磁界に加え電磁ポテンシャルの時間更新を行う場合、計算コストは増大する。また、ベクトルポテンシャルと電子線の干渉として AB (Aharonov-Bohm) 効果<sup>[2]</sup>が知られる。無限長ソレノイドコイルの電磁界分布では、コイル外部に磁界は存在せず、ベクトルポテンシャルのみが存在する。このような条件下において、未知変数が電磁界である FDTD 法では、値が零の電磁界から電磁ポテンシャルを算出する必要があり、界分布を正確に求めることが困難となる。

本報告では、ベクトルポテンシャルやスカラーポテンシャルを直接逐次計算で求める電磁ポテンシャル FDTD 法<sup>[3]</sup>を用いて解析を行い、その精度を検証する。図1に解析時間  $t=0$  での界分布を示す。無限長ソレノイドコイルに対応するベクトルポテンシャルの場を時間発展させ、界分布を算出する。解析結果や計算ステップ当たりの演算回数に関して電磁界を未知数とする従来の FDTD 法と比較し、電磁ポテンシャルの解析において本手法が計算コストや精度の点から最も有効な手法であることを明らかにする。

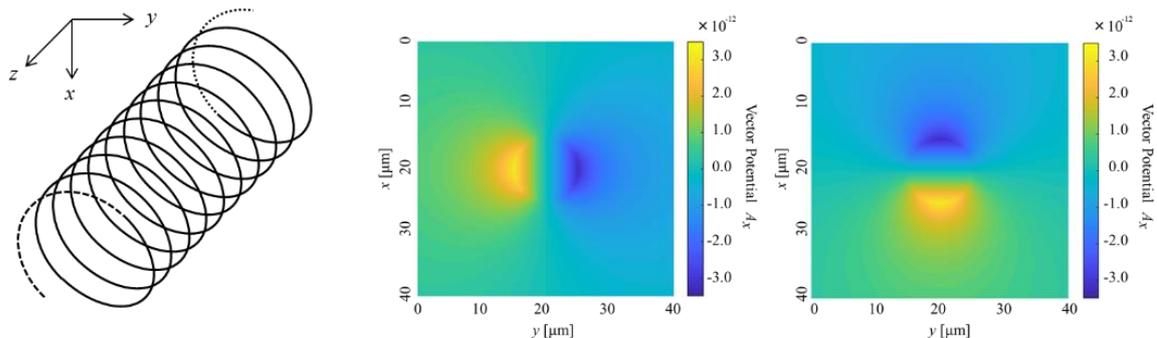


Figure 1. 無限長ソレノイドコイルに対応するベクトルポテンシャルの空間分布

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] T. Takeuchi, S. Ohnuki, and T. Sako : “Maxwell-Schrödinger Hybrid Simulation for Optically Controlling Quantum States: A Scheme for Designing Control pulses”, Phys. Rev. A, Vol. 91, No. 3, pp.033401-1-033401-13, 2015 年.  
 [2] A. Tonomura : 「Electron Holography」, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999 年.  
 [3] 東貴範, 岸本誠也, 佐甲徳栄, 大貫進一郎 : “差分法による電磁ポテンシャル解析”, 2021 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-1-5, 2021 年 9 月

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・一般