

R008-P10

ポスター 2 : 11/25 AM1/AM2 (9:00-12:00)

電流源を含む高次有限時間差分領域法における数値誤差の改良

#葛心雨^{1,2}, 関戸晴宇^{1,2}, 梅田隆行³, 三好由純²

(¹名古屋大学大学院工学研究科, (²名古屋大学宇宙地球環境研究所, (³北海道大学情報基盤センター

Suppressing Numerical Errors from Current Densities in Higher-Order Finite-Difference Time-Domain Method

#Xinyu Ge^{1,2}, Harune Sekido^{1,2}, Takayuki Umeda³, Yoshizumi Miyoshi²

(¹Graduate School of Engineering, Nagoya University, (²Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, (³Information Initiative Center, Hokkaido University

The objective of the present study is to suppress numerical errors arising from current densities in higher-order FDTD (Finite-Difference Time-Domain) methods. The FDTD method is a numerical approach for solving time-development of electromagnetic fields by approximating Maxwell's equations with finite differences of second-order accuracy in both time and space (Yee 1966), which is referred to as FDTD(2,2). FDTD(2,2) has problems such as numerical oscillations in discontinuous waveforms. Consequently, numerical methods with higher-order finite differences were developed. However, FDTD(2,4) (Fang 1989; Petropoulos 1994) and FDTD(2,6), which uses fourth and sixth-order spatial differences, respectively, have certain issues such that the Courant conditions are more restricted and that numerical errors arise in the time-development equations including current sources. In this study, a higher-order differential term including Laplacian operator is added to FDTD(2,6) (Sekido+2024) to relax the Courant condition and to suppress numerical oscillations. As a result, while the Courant number could be relaxed, the numerical error remained in the high wavenumber range. Furthermore, numerical errors from current densities in FDTD(2,6) are suppressed by introducing correction terms to the time-development equations.

本研究では、FDTD (Finite-Difference Time-Domain) 法において、時間発展式に高次精度差分を用いた際に生じる数値誤差の抑制を行った。FDTD 法は、時間および空間ともに 2 次精度の差分で Maxwell 方程式を近似することで電磁界の時間発展を解く手法であり (Yee 1966)、これを FDTD (2,2) と呼ぶ。FDTD (2,2) では、不連続波形で数値振動が起こる問題があるため、より高次精度の差分を用いた手法が求められていた。4 次精度の空間差分を用いる FDTD(2,4) (Fang 1989; Petropoulos 1994) および更に空間差分精度が高い FDTD(2,6) では、Courant 条件が FDTD(2,2) よりも厳しくなるほか、電流源を含む時間発展式において電荷保存則数値誤差が生じるという問題をかかえている。本研究では、FDTD(2,6) に対し Laplacian 演算子を含む高階微分項を付加することにより (Sekido+2024)、Courant 数の緩和および数値振動の抑制を行った。その結果、Courant 数の緩和ができた一方で、高波数帯における誤差が大きいことを確認した。また、電流密度が生じる数値誤差に対して補正項を追加することで、数値誤差の除去に成功した。