

R008-02

C 会場 : 9/25 PM1 (13:45-15:30)

14:00~14:15

電流源を含む陽的高次 FDTD 法における数値誤差の修正

#関戸 晴宇^{1,2)}, 梅田 隆行²⁾, 三好 由純²⁾

(¹ 名大工学研究科, (² 名大 ISEE

Correction of Numerical Errors in Higher-Order Explicit Finite-Difference Time-Domain Method with Current Sources

#Harune Sekido^{1,2)}, Takayuki Umeda²⁾, Yoshizumi Miyoshi²⁾

(¹ Graduate School of Engineering, Nagoya University, (² Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

This study proposes a correction of numerical errors in the Finite-Difference Time-Domain (FDTD) method with the time-development equations using higher-order differences and including current sources. The FDTD method (Yee 1966) is a numerical method for solving the time development of electromagnetic fields by approximating Maxwell's equations in both space and time with the finite difference of the second-order accuracy. FDTD(2,4) uses the fourth-order spatial difference (Fang 1989; Petropoulos 1994).

Although numerical errors in the phase velocity of FDTD(2,4) are smaller than that of FDTD(2,2), the Courant condition of FDTD(2,4) is more restricted than that of FDTD(2,2). Recently, a numerical method has been proposed to relax the Courant condition and reduce the numerical errors in the phase velocity (Sekido & Umeda 2023). However, it has been found that there arises a large numerical error in the charge conservation law if the time-development equations including current sources are discretized with a higher-order finite difference in space. In the present study, the numerical error is suppressed by adding correction terms to the time-development equations of a higher-order FDTD.

本研究では、電流源を含む 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修正を行った。FDTD 法は、電磁界の時間発展を解く数値計算手法であり、空間と時間ともに 2 次精度の差分で Maxwell 方程式を近似することで求められる (Yee 1966)。不連続波形で数値振動が発生するほか、連続波形でも傾きが大きいと数値振動や振幅の減衰が起こるといった欠点が存在する。これらの欠点を改善するため、空間微分項の差分精度を 4 次精度とした FDTD(2,4) 法が提案された (Fang 1989; Petropoulos 1994) が、Courant 条件がより厳しくなるという問題を抱えていた。そこで、FDTD(2,4) の時間発展式に高階微分項を追加することで、Courant 条件を緩和しつつ位相速度誤差を抑えた手法を新たに開発した (Sekido & Umeda 2023)。しかし、電流源を含む時間発展式の空間差分を高次精度化したときに電荷保存則において数値的な誤差が生じ、静電場の残留が生じることが明らかとなった。FDTD(2,2) ではこのような残留は発生しないことから、本研究では FDTD(2,4) の時間発展式に修正項を追加することにより、電荷保存則における数値的な誤差を抑制することに成功した。