

## 受賞報告

法政大学 理工学部 電気電子工学科 柴山 純、山内潤治、中野久松

会議：2017 IEEE International Conference on Computational Electromagnetics

論文タイトル：Reformulations of implicit FDTD and beam-propagation methods using the fundamental scheme

受賞名：IEEE Ulrich L. Rohde Innovative Conference Paper Award on Computational Techniques in Electromagnetics (2017年3月9日)

## 研究概要

本研究では、筆者らのグループで開発した電磁界の数値解法である、陰的な有限差分時間領域(FDTD)法とビーム伝搬法(BPM)の計算式を見直し、極めて簡素な定式化を行いました。

FDTD法では、解析する空間を小さなメッシュに分割して、電磁界の時間遷移を計算していきます。その際、陽的な従来手法では、空間の刻み幅によって時間の刻み幅が決まる、という制約があります。空間の刻み幅を小さく選ぶを得ない問題では、時間刻み幅も小さくなり、計算が長時間に及ぶ欠点がありました。そこで我々は、局所一次元(LOD)法と呼ばれる陰的な解法を FDTD 法に導入することで、時間刻み幅の制約を除去した新しい手法を開発しました。他方、シンガポール南洋理工大学の Tan 氏は Fundamental 法と呼ばれる、陰的 FDTD 法の定式化を極めて簡素に行う技法を提案しました。この技法を用いると、計算の等価性を維持しつつ、計算式右辺の微分項を大幅に削減した定式化が可能になります。

本論文では、筆者らのグループで開発した円筒座標系 LOD-FDTD 法を、Fundamental 法を用いて簡素に再定式化しました。具体的には、計算式右辺に 12 個ある一階微分を全て除去した定式化を行いました。その結果、通常の円筒座標系 LOD-FDTD 法では右辺で 88 回の算術計算を行う必要がある一方、再定式化した手法では 48 回まで計算回数を低減できました。従来の陽的 FDTD 法と比べ、計算時間は半分以下になりました。

さらに、光導波路解析に広く用いられている BPM に Fundamental 法を導入しました。本論文では、筆者らのグループで提案したパワー保存型フルベクトル BPM の再定式化を行いました。フルベクトル BPM を用いて電界あるいは磁界を計算する際、評価の複雑な空間の二階微分が計算式右辺に 8 個存在します。これに対して、Fundamental 法を用いれば、二階微分を 2 個にまで低減でき、計算プログラムが極めて簡素になります。光の伝搬方向に構造が変化する偏波変換導波路を取り上げ、開発したフルベクトル BPM の評価を行ったところ、従来手法と完全に等価な数値結果が得られることを見出しました。

以上のように、本研究では電磁界解析に広く用いられている FDTD 法と BPM の定式化を見直し、簡素な計算式の導出に成功しました。この成果が認められ、IEEE International Conference on Computational Electromagnetics にて、革新的な会議論文として本論文が選ばれました。