

J30b 大規模 PIC 計算に向けた新たな電磁場解法

松本洋介 (千葉大学), 簗島敬 (海洋研究開発機構), 天野孝伸 (東京大学)

天体の爆発的現象に伴う非熱的粒子の生成メカニズムを明らかにする上で、無衝突プラズマの第一原理計算手法である電磁プラズマ粒子 (PIC) シミュレーションはこれまで大きな役割を果たしてきた。PIC シミュレーションは格子上に定義されたオイラー変数である電磁場と、ラグランジュ変数である粒子の運動をマクスウェル方程式を通じてカップルさせて解く手法である。計算手法は古くより確立しており、特に電磁場解法としては時間・空間方向に差分化した FDTD 法が広く使われている。一方で、スタaggered 格子上で方程式を差分化していることによる数値的な問題があることも知られている。特に、電磁場各成分が違うグリッド上に定義されていることによる、粒子のセルフフォースによる加速・加熱や、電磁場 (光) モードの数値分散による数値チェレンコフ光の励起が、粒子加熱・加速問題を取り扱う際に注意しなくてはならない問題として知られている。

本研究では電磁場の新たな数値解法として IDO 法 (Aoki, 1997) を採用することを提案する。IDO 法は CIP 法と同様に、物理量の微分値も保持しながら各支配方程式に従って解く手法である。従って電磁場解法としてより多くの計算コストが必要となるが、PIC 計算では粒子の計算が大部分を占めるため本手法を採用することによる追加計算コストは軽微である。計算グリッドとしてレギュラー格子を採用しているものの、数値分散が極めて少ない。従って、上記問題に対する解決や、レギュラー格子にすることによる高効率な大規模計算の実現が期待される。また、CIP 法と比べて電磁場解法として多次元化が容易であり、PIC 計算により適しているわかった。本発表では IDO 法の PIC シミュレーションコードへの実装例を紹介し、FDTD 法との比較計算結果を報告する。