

Q17b Cole-Karkkainen 電磁場数値解法を用いた数値チェレンコフ放射の抑制特性

松本洋介 (千葉大学), 細谷周平 (千葉大学)

無衝突衝撃波における荷電粒子の加速メカニズムを明かにする上で particle-in-cell シミュレーションは強力な研究手法である。しかし、相対論的衝撃波の研究に着目してみると、その多次元構造や加速機構についての研究は非相対論的衝撃波の研究に比べて停滞している。それは、相対論的な流れ場 ($V \sim c$) においては数値的不安定が顕在化し粒子加速を詳細に議論する上で弊害となるためであり、1970年代から数値チェレンコフ放射として一般的な問題として知られている。対処としてデジタルフィルタリングを電磁場を課す手法が取られるが、物理的な電磁波も同時に落としてしまうため、精度の高い粒子加速研究ができていないのが現状である。

我々はこの問題を根本的に解決するため、特定の PIC アルゴリズムの下での数値チェレンコフ不安定の抑制法を開発した。特定の CFL 条件を選ぶことにより不安定の成長率が劇的に低下することが発見され (Godfrey and Vay, 2013)、相対論的衝撃波の研究において有用であることを確認した (Ikeya and Matsumoto, 2015)。しかし、流れ場のローレンツ因子が 5 以下の準相対論的流れ場においてはこの抑制方法に限界があることも明らかになってきた。そこで、本研究では Cole[2002] や Karkkainen et al.[2006] によって提唱されたマクスウェル方程式の数値解法 (C-K 法) を採択し、その電磁場の伝搬・安定性特性について解析を行った。空間差分の方法を工夫することにより、陽解法では安定条件が緩和され、陰解法では CFL 条件によらず安定であることが確認できた。また従来の FDTD 法に対してより少ない数値分散性特性が得られた。本公演では C-K 法の詳細と特性及び数値チェレンコフ不安定性抑制の特性について複数の流れ場のローレンツ因子の下での結果を報告する。