

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

Mitigation of the numerical Cherenkov instability by using the Cole-Karkkainen field solver for PIC simulations

*松本 洋介¹

*Yosuke Matsumoto¹

1. 千葉大学大学院理学研究科

1. Graduate School of Science, Chiba University

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、その多次元的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。本公演ではC-K法の詳細と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、及び相対論的衝撃波への応用例を報告する。

キーワード：数値チェレンコフ不安定、相対論的衝撃波、PICシミュレーション

Keywords: numerical Cherenkov instability, relativistic shock, PIC simulation