

多階層プラズマシミュレーションのためのPIC-適合格子MHD連結コード

小川智也(北里大学)

宇佐見俊介、堀内利得(核融合科学研究所)

田光江(情報通信研究機構)

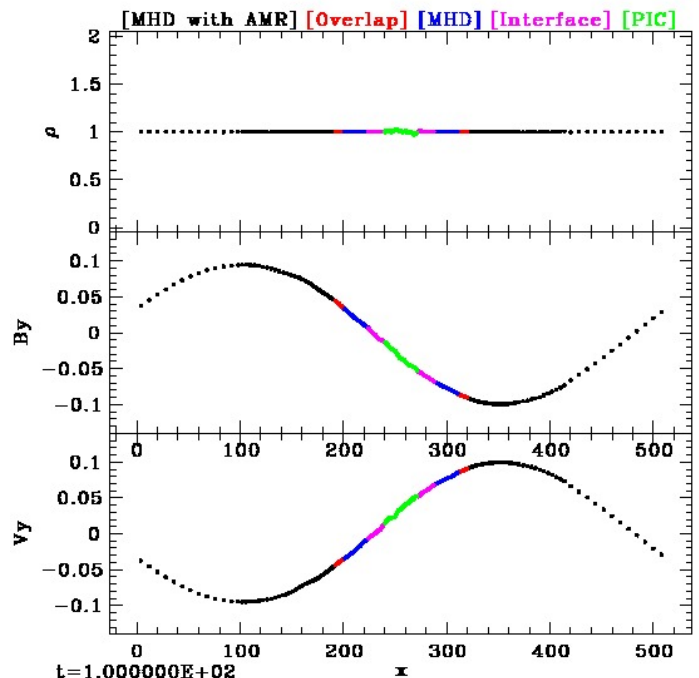
山下和之(山梨大学)

宇宙空間や核融合実験炉などのプラズマでは、磁力線が繋ぎ変わる「磁気リコネクション」と呼ばれる現象が見られる。この現象は、局所的な荷電粒子の運動と大局的なプラズマ輸送や磁場構造の変化が相互作用している多階層問題である。磁気リコネクションを数値シミュレーションで扱う方法には、磁気流体力学(MHD)に異常抵抗モデルを取り入れる方法や、プラズマ粒子の運動を解く方法などがあるが、前者はMHD近似が成り立たないリコネクション点の付近における粒子の運動を正確に取り扱っておらず、後者は粒子の運動を扱っているが計算コストが高いために大局的な構造にまで計算領域を拡げることは難しい。

我々は、大局的構造とリコネクション点付近における運動論を同時に扱うために、計算領域の一部だけでParticle-in-Cell(PIC)法により粒子運動を解き、それ以外の領域ではMHDを解く多階層連結シミュレーションのプログラムコードを開発した。MHD領域では、格子構造を状況に応じて適時に変化させる適合格子の手法を用いた。リコネクション点の付近のみPICで計算することを企図しているが、現在はPIC領域の左右をMHD領域が挟む形でテストを進めているところである。PIC領域は、MHDとPICの両方を計算して物理量をやり取りする領域(Interface領域)を介して、同じ間隔幅の等間隔格子を持つMHD領域に接続する(Usami et al. 2012[1],2013[2])。そこからさらに、適合格子法による非等間隔格子を持つ領域へとつながる。2つの格子は一部が重なっており、そこでMHDの物理量を交換する。

右図は、一様プラズマ中のAlfven波伝播の計算結果である。計算は日立SR16000の64 CPUで行なわれ、計算時間は110分であった。MHDの領域はPICの領域の約2000倍の体積を持つが、計算時間の約半分はPICに費やされた。このことは、多階層連結シミュレーションによりマイクロ計算の領域を局限することの重要性を示している。

謝辞:本研究は科研費23340182の助成を受けたものである。



- [1]S. Usami, H. Ohtani, R. Horiuchi, and M. Den: Commun. in Comput. Phys. 11 (2012) 1006.
- [2]S. Usami, R. Horiuchi, H. Ohtani, and M. Den: Phys. Plasmas 20 (2013) 061208.