

宇宙プラズマにおける MHD-PIC 連結階層シミュレーションモデル：無衝突衝撃波への適用

MHD-PIC interlocked simulation model in space plasma: application to collisionless shocks

杉山 徹 [1]; 地球シミュレータセンター連結階層シミュレーション研究グループ 草野 完也 [2]

Tooru Sugiyama[1]; Kusano Kanya ESC Holistic Simulation Research Group[2]

[1] 地球シミュレータセンター; [2] -

[1] ESC/JAMSTEC; [2] -

プラズマの数値シミュレーションにおいては、現象の時間・空間的階層性に対応して、大規模構造を扱える MHD シミュレーションや、粒子の運動論を論じることができる PIC シミュレーションなど、様々なモデルが用いられてきた。しかし、各階層での研究が進むにつれ、マイクロ・マクロのスケール間結合の重要性が認識されつつある。我々は、この階層間相互作用を陽に取り入れることができる連結階層シミュレーションモデルの開発に着手し、最近その基礎モデルを完成させた。本講演では、無衝突衝撃波へこの新しい連結階層シミュレーションモデルを適用した応用例を紹介する。このシミュレーションモデルにおいて我々は、システム全体の大規模構造とそのダイナミクスを Hall-MHD シミュレーション（以下 HMHD）によって計算すると同時に、衝撃波遷移層での波動-粒子相互作用を HMHD モデルと相互連結された PIC シミュレーションによって扱うことにより、流体シミュレーションでは表現できない運動論効果を取り入れることに成功した。これは PIC シミュレーションと HMHD シミュレーションによる世界で初めての境界連結型マルチスケールシミュレーションであるといえる。このモデルを無衝突衝撃波に適用した結果として、遷移層領域で発生したホイッスラー波動が上流に伝播し、PIC シミュレーションの境界を越え HMHD シミュレーション領域にスムーズに伝播していく様子が再現された。さらに、このホイッスラー波動により入射プラズマ流が変調を受け、衝撃波のマッハ数を変更される事実も示された。これらの結果は、階層間相互作用を取り入れた連結階層シミュレーションモデルの有用性と実用性を実証するものである。