

Development and evaluation of a new plasma simulation based on the Discrete Event Simulation method

大木 真人 [1]; 篠原 育 [2]

Masato Ohki[1]; Iku Shinohara[2]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 宇宙機構 / 宇宙研

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ; [2] JAXA/ISAS

現在、宇宙プラズマのシミュレーションでは、スケール間結合によって起こる宇宙空間の大規模なプラズマ現象を解析する研究が発展している。このうちプラズマ粒子シミュレーションは、MHDやハイブリッドシミュレーションでは不可能な電子スケールの現象まで再現できるが、計算時間や記憶容量を多く必要とするため大規模な現象の計算を行うことは困難である。このような従来のタイムステップ型の粒子シミュレーションコードは、原理的に全時空間において一定の時間ステップで状態を更新するため、スケール間結合のように時空間スケールの非一様性が大きい系では、不必要な計算が膨大に行われることになり非効率的である。

一方、本研究で開発している離散イベントシミュレーション (DES) の手法による粒子コードは、このような非一様なスケールの現象を計算するのに適した全く新しいコードである。DESは主に工学分野で用いられる手法で、状態のローカルな変化を一定の基準で「イベント」という単位に分けて実行する。非周期的で非同期的な「イベント」を単位として計算することで、必要な場所のみを重点的に更新することができ、一定の時間ステップで計算する従来のコードと比べ効率的である。また、DESは局所的な計算しか行わないため並列化に向いており、さらにオブジェクト指向により設計されるため開発後のコードの保守や機能拡張が容易にできるのも特長である。

本研究では、DESを宇宙プラズマシミュレーションに適用した結果を初めて示した Karimabadi(2004)の示唆をもとにDESによる一次元静電粒子コードを開発し、条件を変えてさまざまなテストを行った。電子ビーム不安定による静電波動の励起を示した大村(1996)の計算を再現するテストではほぼ良好な結果が得られたが、更新の頻度を調整するDES特有のパラメータの値によって結果の精度や計算時間が大きく変化することが分かった。計算時間は条件によって大きく変化し、スケールの一様な問題ではタイムステップ型コードでの計算時間に比べ5~20倍となった。スケールの非一様性が大きいほど相対的にDESが有利であることから、今後の研究ではDES粒子コードが有効な性能を発揮する条件での計算を繰り返し試行し、このコードの適用範囲を調べるのが課題となる。本発表では、DES粒子コードの開発状況とテスト結果について報告し、現在見つかっている課題と今後の展開について議論する。