

電磁 Vlasov code の開発と垂直衝撃波への応用

Development of electromagnetic Vlasov code and application to perpendicular shock

天野 孝伸[1]; 星野 真弘[2]

Takanobu Amano[1]; Masahiro Hoshino[2]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 東大・理・地球物理

[1] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo; [2] Earth and Planetary Sci., Univ of Tokyo

無衝突プラズマ中の衝撃波は一部の粒子を強く加速する「加速器」の役割を果たすと考えられており、これまで多くの研究がなされてきた。この衝撃波の問題に限らず、無衝突プラズマの自己無撞着な数値計算手法としては、これまで粒子法が好んで使われてきた。これは粒子法が比較的小数の粒子でもプラズマの振る舞いを記述することができ、また粒子数を増やすことで単純に真の解に近づくという簡便さによるところが大きい。しかし現在の計算機能力では、いくら粒子を増やしても少数の非熱的粒子を十分に記述することは不可能である。一方で計算機の目覚ましい発達により、位相空間上にグリッドを切ることによって直接無衝突プラズマの支配方程式である Vlasov 方程式を解くことが現実味を帯びてきている。この方法の利点は分布関数を直接解くため、数値ノイズに悩まされることも無く高精度の解が得られ、そしてそれにより非熱的分布も正確に記述できることである。

我々はこの利点を生かし、衝撃波における非熱的粒子の生成過程を調べたいと考えている。前回は手始めとして1次元の静電 Vlasov code を開発、報告したが、今回はこれを拡張した電磁 Vlasov code を開発した。

スキームは Nakamura and Yabe (J.Comput.Phys 1999) に基づき、CIP スキームを用いた。このスキームは explicit であるが、安定かつ並列化に向けたスキームであり、より高次元への拡張も比較的容易である。

このコードを用いて垂直衝撃波の数値シミュレーションを行い、この結果を粒子コードとの比較を交えて報告する予定である。

Vlasov code を用いた数値計算はすでにいくつか例があるが、粒子コードのように現実的な問題に適用された例は少ない。これは膨大なメモリを必要とすることが一つの理由であるが、他にも様々な問題を含んでいる。衝撃波問題に Vlasov コードを適用する際の問題点は、まず速度空間のダイナミックレンジが非常に大きいことが挙げられ、これは Vlasov code にとって非常に大きな問題となる。上流の冷たい分布と熱化して熱くなった下流を同じ固定グリッドで十分な分解能を得るのは、特にマッハ数の大きな衝撃波において非常に困難となるからである。

また数値振動によって本来無いはずの負の値が生じたり、粒子数、エネルギーなどの保存が必ずしも満たされないという問題があるが、これらについての解決策も議論していきたい。