

Nonadiabatic electron heating in a high Mach number collisionless perpendicular shock : Vlasov simulations.

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

Vlasov シミュレーションは粒子・ハイブリッドコードによるシミュレーションのような数値ノイズを含まない高精度解法であり、特に非線形効果を高精度に記述できるという利点がある。本発表では Vlasov シミュレーションによる垂直衝撃波のシミュレーション結果を報告する。

まず垂直衝撃波の基本構造を確認した。磁場の overshoot によって上流のイオンの一部は反射され、衝撃波の前面に foot 領域を形成する。これは臨界マッハ数を超える衝撃波でよく知られた現象であるが、本研究で行った Vlasov シミュレーションでは全ての計算でこの特徴が確認された。

衝撃波の Alfvén マッハ数がそれほど高くなく、プラズマベータも比較的大きな場合には衝撃波構造は準定常であり時間的な変動はほとんどない。また磁場の強さはイオンのスケールで滑らかに変動し、電子スケールの構造は見られない。それに対して衝撃波のマッハ数が大きい、またはプラズマベータが低い衝撃波では衝撃波構造はよりダイナミックに変動する。衝撃波の基本的な特徴 (foot, ramp, overshoot) はマッハ数の低い場合と同じように保たれているが、overshoot における磁場の強さは時間的に変動し、それに伴い反射イオンの密度も同じ周期で時間的に変動する。

この周期的な衝撃波の self-reformation の特徴は過去の数値シミュレーションによる結果と一致した。

次にマッハ数が大きく、上流プラズマベータが低い衝撃波においては遷移層で反射イオンが励起する電子スケールの静電波動によって電子の非断熱的な加熱が起こっていることが分かった。この静電波動の振幅は上流のモーショナル電場程度の弱いものだが、Vlasov シミュレーションは従来の粒子コードと異なり数値ノイズを含まないためはっきりと同定可能である。また、この電子の非断熱的加熱の上流プラズマベータに対する依存性があることも分かった。線形解析からシミュレーションで観測された静電波動がイオン音波であることを確認し、また不安定の成長率についてもシミュレーションで観測された加熱のプラズマベータ依存性と矛盾しない結果を得た。