

## High Mach Number 衝撃波における電子加熱機構

島田 延枝 [1], \*星野 真弘 [1]

東京大学[1]

### A new paradigm of strong electron heating in high Mach number, magnetosonic shock waves

Nobue Shimada[1] , \*Masahiro Hoshino [1]

Univ. of Tokyo[1]

Strong electron heating at shock front layer is studied by using full particle simulation. We show Mach number dependence of electron and ion thermalization process. In high Mach number regime bulk electron heating is accomplished rapidly through nonlinear stage of Buneman like non-resonant instability between incident electrons and reflected ions. Quenching mechanism for this heating is electron trapping in the potential well with the scale consistent to the one linear dispersion relation predicts. Ion motion is also modified by these deep potential wells but with realistic mass ratio such modification is reduced to be small. We will also discuss on other instabilities, like modified two stream instability, in terms of contribution to the electron energization.

超新星残骸などの high Mach number shock においては強い電子加熱が存在することが観測から示唆されてきている。しかし、その機構の詳細については理論的にも、観測的にも未解明の部分が多い。今回、フルパーティクルコードを用いて衝撃波による電子、イオン熱化現象のマッハ数依存性を調べた結果、high Mach number 領域では、衝撃波面でイオンのみならず、電子にも素早く（扱うプラズマパラメタにも依るが、プラズマ振動スケールの数十倍程度）強い加熱が生じていることが分かった。

これは上流電子とreflected ion の間で起こるBuneman-likeな非共鳴型不安定性によって生じる静電波動の非線形発展に伴って、電子がバルクごと加熱されている結果である。

加熱を飽和させるものはポテンシャルによる電子のトラッピングであり、このポテンシャルのスケールは上の不安定性の線形分散関係が予測する最大成長率の波動スケールと良く一致する。

これら大振幅のポテンシャルによってイオンも一部共鳴的に加速を受けることができるが、現実のイオン・電子の質量比のもとでは、それはあまり大きくない。

また、Buneman-like不安定性が強い電子加熱を生じる為には

（または、電子をトラッピングするような大振幅ポテンシャルを作って非線形段階に移行する為には）、線形成長率とトラッピング周波数が等しい時のポテンシャルが、もとの電子の thermal energy より大きい事が必要になる為、cold なプラズマ中の衝撃波ほどこの機構は低い Mach number から有効となる。

以上ではBuneman-likeな不安定性について述べたが、他の不安定性（変形2流体不安定性など）の電子加熱への寄与についても議論する予定である。