

High Mach number 衝撃波面での粒子加熱・加速過程

Particle heating and acceleration process around high Mach number shock front

島田 延枝 [1], 星野 真弘 [2]

Nobue Shimada [1], Masahiro Hoshino [2]

[1] 宇宙研, [2] 東大・理・地球物理

[1] ISAS, [2] Earth and Planetary Phys., Univ of Tokyo

Ma=10~20かつ非相対論的速度の準垂直衝撃波をフルパーティクル・シミュレーションによって再現し、特に電子の加熱過程について調べた。温度を磁場強度で割った値 (T/B) がランブの辺りから急激に増加し (~10、またはそれ以上)、磁気モーメントの保存では説明のつかない強い加熱があることが分かった。また、電子はランブとその上流の領域、イオンは更に衝撃波面下流においても、しばしば位相空間上に渦構造が観測される。これは、ブネマン不安定の非線型段階と考えられ、このようなフェーズホールが形式的に反電荷超粒子の様な役割をして、電子を反射し、電子加熱や衝撃波面の散逸を担っているのではないかと考えられる。

マッハ数が2~3を超えたあたりで流体的描像によって衝撃波を記述することは困難となり、イオンの力学的振る舞いが重要になってくることは良く知られた事実である。しかし電子のダイナミクスについては、ほぼ断熱的に振る舞うために議論される機会は少ない。では更に高いマッハ数の衝撃波では、粒子、特に電子の振る舞いはどのように変わってくるだろうか。直接観測された最も高いマッハ数の衝撃波の例として、ボイジャー2号が1986年に観測した天王星のパウショック (Ma~20) があげられる。今回はアルフヴェンマッハ数10~20かつ非相対論的速度の準垂直衝撃波をフルパーティクルシミュレーションによって調べた。天王星で観測されたように、強いovershoot (上流磁場の10倍近くまで。衝撃波サイクルのフェーズに依る) や強い粒子加熱が見られた。イオンは、フットで急激に温度上昇し (<数100倍程度)、電子についてはランブ辺りから100倍近くまで温度がやはり急上昇する。電子温度を磁場強度で割った値 (T/B) は~10、またはそれ以上となり、非断熱的な加熱である。シミュレーションの結果によると、電子はランブとその上流の領域、イオンは更に衝撃波面下流においても、しばしば位相空間上に渦構造が観測される。更に衝撃波ポテンシャル面上流では、しばしばマイクロスケールの大振幅バイポーラー電場 (ポテンシャル) パケットが観測される。これらは、強いイオン反射によって生じたブネマン不安定の非線型段階と考えられ、このようなフェーズホールが形式的に反電荷超粒子の様な役割をして、電子軌道をモディファイ (反射等) し、ここで見られたような強い電子加熱や衝撃波面の異常抵抗・散逸を担っているのではないかと考えられる。