

準垂直衝撃波面でのイオン反射：2次元シミュレーション

Ion reflection at quasi-perpendicular shocks: 2D simulations

杉山 徹[1]; 藤本 正樹[2]

Tooru Sugiyama[1]; Masaki Fujimoto[2]

[1] ESC; [2] 東工大・理・地球惑星

[1] ESC; [2] DEPS, TITECH

衝撃波の構造は、衝撃波伝播方向と磁力線のなす角（衝撃波角）によって、（準）垂直衝撃波と（準）平行衝撃波に分類される。衝撃波角が45度以下の準平行衝撃波では、衝撃波面から反射した上流の熱的粒子は、上流方向へ注入され非熱的粒子として観測されるが、45度以上となる準垂直衝撃波では、衝撃波面で反射した粒子は、磁力線と共に下流へ流されるため上流域では非熱的粒子が観測されにくい。太陽圏のみならず広く宇宙空間に存在する衝撃波は、準垂直配位になっていることが多いと考えられているため、衝撃波での非熱的粒子の生成が起こりにくいことを示唆している（Injection Problem）。しかし、我々は、詳細な準垂直衝撃波での1次元計算機シミュレーションを行うことにより、準垂直衝撃波（衝撃波角50度）でも準平行衝撃波と同程度の非熱的粒子の生成現象が起こり得ることを見出した。鍵となる現象は、Upstream Wave（アルフヴェン波）の存在である。まず、初期段階に、微量ながらも上流に流れ出した非熱的粒子が、熱的粒子との間でIon-Beam InstabilityによってUpstream Waveを励起する。ここで、この不安定性は、斜め伝播でも十分な成長率を持つことが重要である。この励起されたUpstream Waveが衝撃波面に流されてきた時、波動粒子相互作用により衝撃波面での反射粒子を増大させるのである。この機構により、従来、Injection機構に必要と考えられていた磁力線に垂直方向に粒子拡散現象は、必ずしも重要ではないことが分かった。本結果により、Injection Problemが解決された衝撃波角が広がったことを意味する。

さらに、2次元によるシミュレーションを行った。鍵となるIon-Beam Instabilityによる波動生成は、波数ベクトルと磁力線のなす角が小さいほど成長率が大きいため、平行伝播を扱える多次元化により、より短時間でのInjection現象が見られた。また、衝撃波角60度においても平行伝播を取り入れることにより、波動が励起されInjectionが起きることがわかり、現実のspaceにおいては、幅広い衝撃波角度において、粒子拡散現象を必要とせずにInjection現象が起きていることが分かった。