

## 連結階層プラズマシミュレーションを用いた無衝突衝撃波による粒子加速現象の解析

### Ion acceleration around shocks using multi-physics simulation model

# 杉山 徹 [1]; 草野 完也 [1]

# Tooru Sugiyama[1]; Kanya Kusano[1]

[1] 地球シミュレータセンター

[1] ESC/JAMSTEC

無衝突衝撃波へ連結階層プラズマシミュレーションモデルを適用した結果を紹介する。イオンスケールの運動論を取り入れたシミュレーションを行う際には、イオンを粒子として扱い電子を慣性の無い流体として扱う Hybrid モデルをもちいるが、粒子として扱うイオンがあるため、計算コストは高い。計算コストを上げている主は、システムサイズを広く取る上流域での運動論が効かない熱的粒子に対するものである。よって、この成分を流体的に置き換えることが可能であれば、計算コストが著しく下げることが可能となる。我々は、この熱的成分に関する計算を、Hall-MHD シミュレーションで置き換えることに成功し、大規模領域の計算を可能とした。一方、衝撃波遷移層では、Hybrid シミュレーションを行い波動-粒子相互作用を取り入れ、熱的粒子から、非熱的粒子が生成されるプロセスを取り入れている。少ない計算コストで長時間・大規模シミュレーションが実行でき、本講演では、粒子エネルギースペクトルの時間発展を議論する。

良く知られているように、衝撃波近傍における粒子加速によって得られるエネルギースペクトルは、べき乗則に従うと理論的に提唱されているが、運動論を取り入れたシミュレーションでは、その再現が計算コストの点で難しかった。再現できたとしても、非常に限られたエネルギー幅でのみ表現されており、べき乗則の指数に不確実性が残っていた。本研究による計算コストを下げたモデルのより、長時間計算 ( $\sim 3000/W_{ci}$ ;  $W_{ci}$  は陽子のサイクロトロン周波数) が可能となったことで、十分なエネルギー幅で実現が出来、その指数が確実性を持って求まった。結果、Diffusive Shock Acceleration (DSA) モデルで得られる指数 ( $E^{-1.0}$ ) よりも、ソフトであった ( $E^{-1.5}$ )。これは、粒子加速機構が、DSA モデルではなく、大振幅 MHD 波動による衝撃波面における非共鳴型の加速機構であるためである。3000/ $W_{ci}$  程度の時間では、加速効率の低い DSA よりも、我々の提唱する非共鳴型の加速機構が優勢であるため、スペクトル指数はソフトとなった。この値は、太陽圏で観測される Super-thermal Tail のスペクトルと同じであり、関連が考えられる。