

A21c Alfvén 波の入射に伴う MHD 衝撃波の下流プラズマ構造の変動

坪内 健、寺沢敏夫（東大理）

MHD 衝撃波が伝播する宇宙空間にはしばしば大きな電磁場擾乱が存在するため、その入射によって衝撃波周辺のプラズマ構造は大きな変動を受けていることが予想される。特に下流に現れる構造と上流の擾乱との相関が見られない現象では、衝撃波による変性作用を明らかにしていく必要がある。こうした現象の例として、太陽風と惑星磁気圏との間で形成される bow shock の下流側、magnetosheath に見られる磁場-プラズマ密度間の反相関構造が挙げられる。本研究では太陽風中を伝わる擾乱として特に Alfvén 波や回転不連続面を MHD fast shock (上流の速度が fast mode の位相速度を超える) に入射する数値シミュレーションを行い、下流側で変動するプラズマ構造に関して解析、考察していく。また GEOTAIL 衛星による地球磁気圏の直接観測のデータとの比較も併せて報告する。

シミュレーション手法としては1次元の MHD/ハイブリッド(イオンを個別粒子として扱う)両コードを試行し、流体的性質とは別の、粒子運動の構造形成への寄与を特に詳しく調べた。MHD による計算では、衝撃波と擾乱との相互作用は Riemann 問題の解と等価である。擾乱が衝撃波面と衝突することで、下流には MHD 各モード(全7種)が位相速度の違いから分裂し、その結果2枚の slow shock (前進、後進)に囲まれた領域で上記反相関(密度増加、磁場強度減少)構造が現れる。一方、ハイブリッドコードによる結果でも同様にこの反相関構造が空間的に発展していく様子が再現されたが、その形成過程が粒子エネルギーの磁場に対する異方性の変化に伴うものであることが明らかになった。

今回扱った準垂直衝撃波では、下流のプラズマ温度に著しい非等方性が現れることが知られており、通常は Alfvén ion cyclotron/mirror 不安定性が生じて徐々に等方化されていく。ところが上記構造の領域内では周囲のプラズマに比べて等方化の時間スケールが遥かに短い。これは入射した Alfvén 波の磁場成分が非等方プラズマ中に加わることで、磁場に対し垂直方向に加熱されていた粒子エネルギーが平行方向に瞬時に転化していることを表している。その結果圧力勾配が形成され、反磁性電流の効果で粒子が集積してくることが示された。