

太陽風中の大振幅 Alfvén 波のシミュレーション研究

田中 伸 [1]; 梅田 隆行 [2]; 荻野 竜樹 [3]
[1] 名大・STE 研; [2] 名大 STEL; [3] 名大 STE 研

Simulation study of large-amplitude Alfvén waves in the solar wind

Shin Tanaka[1]; Takayuki Umeda[2]; Tatsuki Ogino[3]
[1] STE Lab.; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] STEL, Nagoya Univ.

Since the dissipation processes of large-amplitude Alfvén waves in the solar wind are really complicated due to their strong nonlinearity, a number of works on Alfvén waves have been done. These models use the ideal MHD equations that do not include the dispersion of the waves. To account for the dispersive effect, one must use Hall MHD equations, or DNLS equations under some constraints. In order to investigate the nonlinear evolution of large-amplitude Alfvén waves under the balance of nonlinear steepening and the dispersive effect, we perform numerical simulations using ideal MHD equations, DNLS equations, and Hall MHD equations and compare their results.

Alfvén 波は宇宙空間のさまざまな領域に見られるプラズマの波動現象であり、太陽風プラズマにおいてもその存在が観測によって知られている。太陽風中の Alfvén 波は大振幅 ($\delta B/B=1\sim 2$) であるため非線形性が強く、その散逸過程は複雑である。磁気流体力学 (MHD) シミュレーションは大振幅 Alfvén 波を扱う有力な手法であり、コロナ加熱や太陽風加速の問題と関連して、近年多数の MHD モデルが提案されている。しかし、これらのモデルは理想 MHD 方程式を用いており、波動の非線形発展を考える上で重要となるプラズマの分散性は考慮されていない。分散性を取り入れるためには Hall MHD 方程式を用いる必要がある。また、Hall MHD 方程式から導かれる Derivative Nonlinear Schroedinger 方程式 (DNLS 方程式) によって Alfvén 波を記述する方法もある。DNLS 方程式は Hall MHD 方程式に比べて取り扱いが簡単である一方、波の振幅があまり大きくないこと、非線形な圧縮性波動を考慮しない、といったいくつかの制約がある。本研究では、太陽風中の Alfvén 波の散逸過程やプラズマの分散性の及ぼす影響を明らかにするため、理想 MHD 方程式や DNLS 方程式、あるいは Hall MHD 方程式を用いた数値シミュレーションを行い、その結果を比較検討する。簡単のため、球対称に吹き出す太陽風、および開いた磁力線に沿って伝搬する Alfvén 波を想定し、動径方向 1 次元の球座標の下で上記の方程式を数値的に解くことで、Alfvén 波の非線形発展を調べる。シミュレーションにおいては、可能な限り広い領域での波の伝播を捉えるため、大規模計算用に並列化された MHD (Hall MHD、DNLS) コードを開発、実行する。