

有限振幅磁気流体波動のブラソフシミュレーション

神代天 [1]; 成行泰裕 [2]; 羽田亨 [3]; 梅田隆行 [4]
[1] 九大・総理工・大気海洋; [2] 九大・総理工・大海; [3] 九大総理工; [4] 名大 STEL

Vlasov simulation of finite amplitude magnetohydrodynamic waves

Takashi Kumashiro[1]; Yasuhiro Nariyuki[2]; Tohru Hada[3]; Takayuki Umeda[4]
[1] ESST, Kyushu Univ.; [2] ESST, Kyushu Univ.; [3] ESST, Kyushu Univ.; [4] STEL, Nagoya Univ.

<http://www.esst.kyushu-u.ac.jp/~space/>

Vlasov simulation is a method in which distribution functions are directly time integrated in the position-velocity phase space. Due to its low numerical noise and its capability of suppressing thermal fluctuations, which are inherent in conventional PIC (particle-in-cell) simulations using finite number of particles, the Vlasov simulation is believed to be advantageous in analyzing fine details of nonlinear plasma phenomena.

With this background in mind, we have developed a new Vlasov simulation code (1-d in space, 3-d in the velocity space), in order to study basic properties of nonlinear evolution of magnetohydrodynamic (MHD) waves. Since we mainly deal with quasi-parallel propagating MHD waves with respect to the background magnetic field, cyclotron coupling can be assumed to be weak for parameters typical to the solar wind. Thus the Vlasov equation is solved only along the longitudinal direction whereas the MHD equations are solved for the transverse directions. In contrast to traditional Vlasov simulations in which electron waves are of major concern, our simulation code focuses on solving plasma behavior in ion-scales, assuming the electron fluid. Propagation of ion acoustic as well as Alfvén waves are simulated. And the results are compared with respective (kinetic) dispersion relations. Initial results on kinetic parametric instabilities of Alfvén waves will be reported.

ブラソフシミュレーションは、マックスウェル方程式とともにブラソフ方程式の位相空間内での時間発展を直接解くことによりプラズマの振る舞いを求める、比較的新しいシミュレーション手法である。その数値的ノイズの低さから、PIC (particle-in-cell) シミュレーションではノイズに隠れて見えないような微細な情報を得ることができると考えられている。また、PIC シミュレーションでの有限個の粒子数に起因する熱ゆらぎの影響から逃れることができるのもブラソフシミュレーションの利点である。その一方、特に多次元計算では莫大な計算機資源を必要とすることが欠点であったが、近年の計算機能力の向上および計算スキームの発展にともない、今後多くの応用が期待されている。

このような背景のもと、我々は宇宙プラズマ中磁気流体 (MHD) 波動の非線形発展における運動論的効果を精度よく解析することを目的に、ブラソフシミュレーションを始めた。本発表では、空間1次元・速度空間3次元の系を考え、準平行伝播する MHD 波動を研究対象とする。太陽風中の長波長アルフヴェン波ではサイクロトロン減衰は小さいことをふまえ、縦方向の発展のみをブラソフ方程式で解き、横方向は MHD 近似で解くコードを開発した。従来のブラソフシミュレーションでは電子プラズマを想定することが多かったが、本研究ではイオンスケールの現象を見るため、イオンについてのブラソフ方程式を解く一方、電子の熱速度は十分に大きくその質量は無視できるとして電子は流体的に扱う。イオン音波、Alfvén 波の伝播を確認し、これらが線形分散関係を満足することを確認した。さらにブラソフシミュレーションを用いて、Alfvén 波のパラメトリック不安定性など非線形現象の解析・検証も研究中である。これらの結果も報告する予定である。