

新しい高精度 MHD 計算で明らかにされる高速磁気リコネクションのダイナミックな様相

大山 裕介 [1]; 河合 宗司 [2]; 藤本 正樹 [3]
[1] 東大・理・地惑; [2] JAXA 宇宙研; [3] 宇宙研

The dynamical picture of fast magnetic reconnection to be cleared up with a newly developed high-resolution MHD simulation

Yusuke Ohyama[1]; Soshi Kawai[2]; Masaki Fujimoto[3]
[1] Earth and Planetary Science, Tokyo Univ.; [2] ISAS/JAXA; [3] ISAS, JAXA

Magnetic reconnection is one of the most important processes in helio- and astro-plasmas. Due to strong interest in its large-scale consequences, many numerical simulations based on resistive MHD have been performed. It, however, has been argued that resistive MHD is not the right framework to deal with vigorous reconnection and that Hall effects need to be included for high reconnection rate to be recovered (Or, resistive MHD cannot properly describe fast reconnection process).

Here we show that a high-order accurate MHD code does reproduce fast reconnection. The simulation code solves ideal MHD equations unless dissipation is needed. Dissipation is added only when and only where current density exceeds a limit to disturb the stability of the numerical simulation.

Our idea is that dissipation due to non-MHD effects in natural plasmas emerge mostly in the same way: This is the basis for us to consider that the recovery of fast reconnection by our code as a natural thing.

Even with the simplest setting intended for a demonstration of fast reconnection at a single X-line, time-dependent, turbulence effects are visible in our results.

Beyond the simplest demonstration, we show results from various initial settings in which dynamic behavior of an X-line appears in response to an external condition that it is surrounded by.

磁気リコネクションは太陽フレアや磁気圏サブストームといった宇宙プラズマ中では普遍的な物理過程である。そのため様々なシミュレーション方法によって解析するアプローチがとられてきた。しかしこれまでの研究では、MHD 近似において一様な電気抵抗を仮定すると高速磁気リコネクションは再現できないとされ、少なくともホール MHD 近似が必要であるとされた。

本研究では、まず高精度の MHD シミュレーションコードによって磁気リコネクションを再現し、その上で上流でのプラズマベータや温度依存による効果を確認した。ここで用いた MHD コードは、物理的に散逸効果が生じる場所のみに散逸を効かせ、それ以外の場所では高精度の理想 MHD ダイナミクスを実施するものである。

結果、理想 MHD コードによって高速磁気リコネクションを再現し得た。その中で磁気島の合体が見られ、ファストショックも形成された。またプラズマベータや温度によって、磁気リコネクションの様相が変化することをチェックした。

今回の結果は、非定常 3 次元リコネクションシミュレーションを行う際に、そのダイナミクスを捉えるための重要な足掛かりになりうると思われる。