

## 並列計算機を用いたリコネクション現象の計算機実験: 2次元ハイブリッドコードと2次元MHDコードの比較(2)

\*村田 健史 [1], 鵜飼 正行 [1], 大村 善治 [2], 松本 紘 [2]

愛媛大学工学部[1], 京都大学超高層電波研究センター[2]

### Simulations of the Magnetotail Reconnection on Parallel Computer: via 2D hybrid code and 2D MHD code (2)

\*Takeshi Murata[1] Yoshiharu Omura [2], Hiroshi Matsumoto [2]

Ehime University, Faculty of Engineering[1]

Kyoto University, Radio Atmospheric Science Center[2]

MHD simulations has been successfully reproduced the magnetic reconnection. However, the electric currents are neglected in the MHD codes. We attempt to compare 2D MHD simulation results with the simulation results via 2D hybrid code. We have parallelized our 2D hybrid code for the study of the magnetotail reconnection. Here, MPI(Message-Passing Interface) are used in the implementation. Next, we performed reconnection simulations via two simulation codes. The initial parameters are almost same in both simulations.

We obtained remarkably different pictures between MHD and hybrid simulations through the reconnection processes. In the presentation, physical mechanisms to bring this difference are discussed.

1992年人工衛星GEOTAILの打ち上げにより、それまで詳しく調査されていなかった地球磁気圏尾部が重点的に観測されるようになった。その観測により磁気圏のプラズマ現象が解き明かされつつあるが、磁気リコネクションはそれらの現象の原因を解き明かす鍵であると考えられている。

リコネクション現象を研究する手法として、大きな領域の計算を行えることからMHDシミュレーションが多く用いられてきた。磁気圏の構造やその時間的変化についての我々の知見の多くはこれらのMHDシミュレーションによる計算によりもたらされていると言ってもよいであろう。一方、粒子シミュレーションやテスト粒子シミュレーションによりリコネクション領域近傍の粒子の振る舞いについても研究が行われている。その結果、リコネクション時にX点近傍のイオン粒子の粒子散乱やstochasticity、温度異方性などのマクスウエル分布からのイオン粒子の速度分布の乱れが得られてきた。これらのイオンの速度分布はMHDシミュレーションの仮定を崩すのみならず、波動励起の自由エネルギーとなりうる。これらの非マクスウエル分布やそれによる波動現象がリコネクションの過程にどのように影響するかは興味深い。

研究ではハイブリッドコードによりMHDシミュレーションと入力パラメータをあわせたシミュレーションを行う。特にリコネクション過程でのイオン粒子の速度分布の変化の過程そのものにどのようにフィードバックするか注目する。

そのために、本研究では、ハイブリッドコードがMHD的に振舞うことが出来るだけの粒子数を用いた計算を行った。粒子数が少ないと、数値雑音が発生し、リコネクション現象に影響を与えるからである。予備実験により、2次元の計算では、1グリッドあたりおよそ256粒子を含む計算により、数値雑音を十分に抑えることが出来た。さらに、ハイブリッドコードの境界条件のOPEN化を行った。MHD的なリコネクション現象では、(異常)抵抗によるリコネクション点付近でのプラズマシートのthinningが、リコネクション発生後のx点近傍および下流におけるプラズマシートのマクロな振る舞いに、大きな影響を与える。

シミュレーション結果は、対称境界を用いた場合と、OPEN境界による場合では、明らかな差異を示した。特に、thinning過程における膨張波の伝搬が、OPEN境界では、対称境界に比べて容易である。そのため、MHDシミュレーションで見られるようなプラズマシートのthinningと似通った減少がHYBRIDコードでも見られた。しかし、ハイブリッドコードの粒子性により、x点下流において、イオン粒子のプラズマシートからローブ方向への散逸が発生し、これが、MHDシミュレーションと比較すると、大規模なリコネクションは発生を妨げる結果となった。さらに、このイオン粒子の散逸により、下流域へのイオン粒子の速度分布にフィルタリングがかかり、特定の速度異常のイオン粒子のみが下流にまで到達するという、MHDコードでは見られない現象が確認された。

HYBRIDコードにおいて、粒子数を十分に確保し、さらに境界をOPENにするためには、これまでにない大規模な計算が必要となる。したがって、本研究では、並列計算機を用いて、12-24程度のCPUを持つ並列計算機により計算機実験を行った。これらの大規模計算を行うための、並列計算手法についても、議論する予定である。