

差動回転円盤における磁気リコネクションの運動論シミュレーション

白川 慶介 [1]; 星野 真弘 [1]
[1] 東大・理

Kinetic Plasma Simulation of Magnetic Reconnection in differentially rotating disk

Keisuke Shirakawa[1]; Masahiro Hoshino[1]
[1] University of Tokyo

Differentially rotating disks threaded by weak magnetic field are subject to a plasma instability called Magneto Rotational Instability (MRI) when the ionization ratio of the gas is sufficiently large [Velikhov 1959, Chandrasekhar 1961, Balbus and Hawley 1991]. This instability is considered to generate turbulence in the disk and may contribute to an effective transport of angular momentum of the plasma. Magnetic Reconnection, at the same time, can be an important process to determine the saturation level of MRI induced turbulence through annihilation of magnetic field enhanced by MRI.

In collisionless accretion disks, which are often found around blackholes, pressure anisotropy generated by MRI can be important for the nonlinear evolution of MRI and turbulence driven by MRI [Sharma et al. 2006]. In such a disk magnetic reconnection, together with kinetic plasma instabilities, can be an important process for relaxation of pressure anisotropy generated during the evolution of MRI. In so called kinetic MHD simulation studied by Sharma, relaxation of pressure anisotropy by some of the kinetic plasma instabilities are considered with appropriate model which limits upper and lower bound of pressure anisotropy. However relaxation of pressure anisotropy by magnetic reconnection has not been considered in this model. In addition basic problem of magnetic reconnection in differentially rotating system has not been studied until now.

In this study, we carried out a kinetic plasma simulation of magnetic reconnection in the differentially rotating disk by newly developed hybrid code which considers zeroth order differential rotation and Coriolis / tidal force. The calculation is carried under so called 'local approximation' which neglects curvature of the disks by localizing the domain of simulation. From results, we found evolution of asymmetric structure in the out of plane magnetic field during the growing phase of reconnection. This can be understood by considering the direction of magnetic field generated by hall effect and zeroth order shear motion. In the presentation, we would like to discuss the details about the structure and also about relaxation of pressure anisotropy by reconnection.

磁気回転不安定 (MRI) は磁化した差動回転円盤でおこるとされるプラズマ不安定性である [Velikhov 1959, Chandrasekhar 1961, Balbus and Hawley 1991]. この不安定性は降着円盤中で乱流を駆動し強力な乱流粘性を生成するため、円盤中での角運動量輸送において重要な不安定性と考えられている。一方で磁気リコネクションは MRI によって増幅された磁場を散逸する主要な過程であり、MRI によって駆動された磁気回転乱流の飽和に寄与していると考えられている。

近年着目されつつあるブラックホール周縁に見られるような円盤では、円盤を構成する粒子の平均自由行程が円盤の厚み程度に長いと考えられており、運動論的なプラズマの効果、とりわけ MRI の成長に伴って生成されるプラズマの温度異方性が重要になると考えられている [Sharma et al. 2006]. このような無衝突降着円盤ではマイクロなプラズマ不安定性とあわせて磁気リコネクションによる温度異方性の緩和過程が重要になると考えられる。Sharma らの運動論的 MHD シミュレーションでは、マイクロなプラズマ不安定性による温度異方性緩和を、シミュレーション中でとりうる温度異方性の値に上限/下限を設けることで取り扱うモデルを採用していたが、ここでは磁気リコネクションに伴う温度異方性の緩和は考慮されているとはいえない。また差動回転系での磁気リコネクションに関する基礎的な研究も現在までにはなされていない。

本研究では新たに開発した Hybrid Code を用いて磁気リコネクションの運動論シミュレーションを行った。このコードでは降着円盤の一部を切り出した局所回転系で計算を行い、差動回転に伴うシア流と Coriolis 力・潮汐力の効果を新たに取り入れている。シミュレーション結果からは、磁気リコネクションの発展に伴い、面外磁場が非対称に発展していく様子が観察された。これは背景シア流による磁場の引き延ばしの方向と、Hall 効果によって生成させる磁場の方向を考慮することで理解できる。講演ではさらに、磁気リコネクションに伴う温度異方性の緩和についても議論したい。