

磁気回転不安定性における初期磁場の影響

齋 和人 [1]; 加藤 雄人 [1]; 寺田 直樹 [2]
[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理・地物

The effect of the initial magnetic field on the magneto-rotational instability

Kazuhito Sai[1]; Yuto Katoh[1]; Naoki Terada[2]
[1] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.; [2] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.

<http://stpp.gp.tohoku.ac.jp/>

Understanding of the magnetic turbulence induced by magneto-rotational instability (MRI) is required to discuss physical processes occurring in accretion disks. Simulation studies of MRI turbulence have played important roles in studying the applicability of MRI under the realistic conditions in the accretion disks. Recent simulation studies of MRI turbulence examined the effect of resistivity, viscosity, chemical reaction and so on so as to employ realistic conditions in the simulation system. Since these effects act as stabilizing effect on the turbulence, the previous studies focused on diffusive effects on MRI turbulence.

On the other hand, the property of the generation of MRI turbulence has not been discussed in detail. Particularly, these work assumed the special case of the field geometry whose spatially averaged poloidal component becomes zero. However, some of simulation studies suggest that difference of initial magnetic field configuration alters the time evolution of MRI and amplitude of turbulent stress, which is thought as indicator of turbulence, by one to two orders of magnitude (e.g. Hawley et al., 1995). In addition, disk formation theory claims that the background magnetic field in accretion disks should have nonzero poloidal component.

In the present study, we have investigated the effect of initial magnetic field on MRI turbulence using a three-dimensional MHD simulation. To investigate the generality of the effect of initial magnetic field, we considered oblique initial magnetic field in the simulation system with respect to the poloidal axis, which has not been studied in previous simulations in detail. In the simulation results assuming nonzero net poloidal magnetic field component, we find that the ratios of the radial and azimuthal components to the total magnetic energy are 0.2 and 0.75, respectively, which are independent of the strength of the initial magnetic field. On the other hand, when the poloidal component of initial magnetic field is negligible, the ratios of radial and azimuthal components to the total magnetic energy become closer to 0.45 and 0.45 with increase of the initial magnetic field intensity. Our simulation results indicate that properties of turbulence and the time scale of its evolution are altered depending on whether the net poloidal component of field is exist or not. We also suggest that both horizontal and perpendicular components of the initial magnetic field change the intensity of turbulent stress and magnetic energy in saturation state of MRI. In this presentation, we will show our simulation results and discuss the effect of initial magnetic field to MRI turbulence.

降着円盤における物理現象を議論する上で、磁気回転不安定性 (以下、MRI) により駆動される磁気乱流の理解が必要とされている。MRI に関する研究はこれまでも行われてきており、その多くは、実際の円盤における適用を目的として、抵抗や化学反応などによる効果を中心に議論がなされている。そうした効果は、乱流を安定化させる方向へ作用するが、乱流の生成過程についてはほとんど議論がされないままとなっている。特に、背景磁場の円盤に鉛直な成分の空間平均値が 0 になるという、特定の場合のみの議論に終始している。

Hawley et al. (1995) らのシミュレーション結果等から、初期磁場による影響は、MRI 乱流の時間発展の違いを生み出し、乱流の強さの指標である乱流応力の強さを 1~2 桁変化させる、といった様子が示されている。また、円盤形成過程を考えると、背景磁場の円盤に鉛直な成分は、多くの場合で存在すると考えられている。

そこで私たちは、MRI 乱流の性質に大きく影響を及ぼしていると考えられる、初期磁場の影響について、3次元の MHD シミュレーションにより検証を行った。本研究では、初期磁場による影響の一般性を議論するため、これまでほとんど行われてこなかった、初期磁場が円盤面に対して傾いている状況についても取り上げた。その結果、磁気エネルギーに占める動径方向成分と方位角方向成分の割合は、磁場の鉛直成分が 0 でない場合には、20%と 75%でほぼ一定であったが、鉛直成分が 0 となる場合には、水平磁場強度が強くなるにつれ、いずれの成分共に 45%に近づいていく様子が見られた。このような結果から、初期磁場が円盤面に対して鉛直成分を持つか、そうでないかによって乱流の時間発展と特性が異なることが明らかとなった。一方、乱流応力や磁気エネルギーなどは、初期磁場の円盤に垂直な成分と水平な成分の両方からの影響を受け、飽和状態が決定されていることが示唆された。本講演では、シミュレーションによって得られた結果を基に、本研究から示唆される MRI 乱流における初期磁場の影響について議論していく。