

ダストプラズマの効果を入れた磁気回転不安定の非線型発展

白川 慶介 [1]; 星野 真弘 [2]
[1] 東大院・理・地惑; [2] 東大・理・地球物理

Non-linear evolution of Magneto-Rotational-Instability under the effect of dusty plasma

Keisuke Shirakawa[1]; Masahiro Hoshino[2]
[1] EPS, Univ. of Tokyo; [2] Earth and Planetary Sci., Univ of Tokyo

Our space is considered to be filled up with plasma which is constituted by about 99% of electrons and ions, and about 1% of micron-sized dusts. These dusts often carry negative charges through several atomic processes like collisions with electrons or photoelectric effects. Since the charge-to-mass ratio of dusts extremely differs from that of electrons and ions, dust particles can be treated as the third component of the plasma in the MHD approximation. Plasma phenomena like wave propagation or instabilities are often modified by existence of dust components. In this presentation, we argue about non-linear evolution of MRI.

MRI was first proposed by Chandrasekhar & Velikov in the 1960's and rediscovered by Balbus & Hawley in 1991. This instability is believed to generate turbulence in accretion disks and can contribute to turbulent viscosity. Thus this instability is considered to play a major role in the context of planet formation which requires strong viscosity effect for the radial transportation of angular momentum and particle itself. This instability is driven by a slow-mode type wave split from Alfvén mode by the Coriolis force effect. So, since Alfvén waves can be modified by existence of dust particles, so as behaviour in MRI itself.

In this study, we first solved a set of linearized 3-fluid equations. We found that existence of dust would make system unstable and the growth rate of instability is greatly enhanced. We also found a singularity when the cyclotron frequency of dust is -2 times larger than that of Kepler rotation frequency. Finally, we extended our study to a non-linear problem and developed a code for analyzing MRI in a 2-d cylindrical system.

In this presentation, we discuss non-linear time evolution of MRI with the result of the simulation.

宇宙空間は、質量比にしてそのおよそ99%が電子とイオンからなるプラズマで満たされているとされているが、その他に1%のダストが混在しているとされる。このダストは電子との衝突や光電効果などの様々な過程をへて、しばしば負の電荷を帯びる。そのためプラズマとしてのダストの取扱いが可能になるが、その電子やイオンと著しく異なる電荷質量比ゆえ、電磁流体近似の中でプラズマの第三成分として扱うことができる。このようなダストの存在下では、プラズマ波動や不安定現象にさまざまな修正が加わるが、今回は磁気回転不安定 (MRI) の非線型発展を中心に報告する。

MRIは1960年代にChandrasekhar-Velikovによって提案され、1991年にBalbus-Hawleyによって再発見された不安定現象である。このプラズマ不安定は、降着円盤における乱流場の原因となり、その結果として乱流粘性を生み出すことができる。そのため、惑星形成論において物質の動径方向の移動を考える際の角運動量輸送の有力な機構とされている。この不安定の発展をになうのは、差動回転系でAlfvén波との縮退が解けたSlow-Modeの波であるとされる。従ってダストの介在により、Alfvén波が修正を受け、それによってMRIそのものの性質に修正が加わることが予想される。

本研究ではまず、線型化した三流体のMHD方程式のもとでMRIを解析した。線型解析の結果からは、ダストの介在によって不安定の成長率の増大や、不安定の性質を大きく支配する特異点が見出され、ダストの存在がMRIに修正を加えることが確認された。さらにこの問題を非線型問題に拡張するため、円柱座標系において電磁流体の非線型発展を解析するコードを開発した。本発表では、一流体でのMRIシミュレーション結果を中心に説明する。