

2次元MHDシミュレーションを用いたケルビン・ヘルムホルツ渦の合体大発展

下村 直子 [1]; 中村 琢磨 [2]; 藤本 正樹 [3]
[1] 東大・理・地球惑星; [2] なし; [3] 宇宙機構・科学本部

The large-scale development process of Kelvin-Helmholtz vortices: 2D-MHD simulations

Naoko Shimomura[1]; Takuma Nakamura[2]; Masaki Fujimoto[3]
[1] Earth and Planetary Sci., The Univ. of Tokyo; [2] ISAS,JAXA; [3] ISAS, JAXA

The Kelvin-Helmholtz instability (KHI) is a hydrodynamic instability excited by the velocity boundary such as the planet's magnetospheric boundary, which exists between the stagnant magnetospheric plasma and the solar wind plasma. Indeed, at the Earth's low-latitude magnetospheric boundary, in-situ spacecraft observations have shown the existence of MHD-scale vortex-like flow patterns which are believed to be produced by the non-linear development of the KHI. These results strongly indicate that the KH vortex plays an important role in the local entry of the solar wind plasma across the Earth's flank magnetopause. However, wavelengths of the observed vortices tend to be considerably longer than the predicted one by the linear theory. While the large-scale development mechanism of the KH vortex is still under debate, the coalescence process of vortices has been one of the most important candidates. In this study, to understand the large-scale coalescence process of vortices, we perform two-dimensional MHD simulations of the vortex coalescence in the large simulation box with both periodic and open boundaries. As a result, we found that the coalescence process progresses extremely faster only when there is a slight difference of evolution phases between two adjacent vortices. In this presentation, we will show the results of the parameter survey of the number of the KH vortices and the initial amplitude of the perturbation for each vortex, and discuss whether the coalescence process of vortices can produce large-scale vortices as observed at the Earth's magnetospheric boundary.

太陽風プラズマと磁気圏プラズマの間に速度勾配層が存在する地球磁気圏界面では、流体不安定である Kelvin-Helmholtz (KH) 不安定が励起されると考えられている。近年ではジオテイル衛星やクラスター衛星の観測によって地球磁気圏境界で実際に KH 不安定による渦とみられる構造が確認されている。KH 不安定による大規模な渦構造は太陽風プラズマを磁気圏内に輸送する重要なプロセスのひとつとして考えられており、この KH 渦がどのように発展するのかを数値シミュレーションで調べることは太陽風プラズマが磁気圏脇腹から直接磁気圏内部に侵入することを検証する上で重要である。

線形理論によると KH 渦の最大成長波長は速度勾配層の厚さの 8 倍程度である (Miura and Pritchett, 1982)。ところが、実際の観測で得られる KH 渦の波長は数 Re と理論に比べ大きなものばかりであり (Hasegawa et al., 2004)、このような大規模渦の形成過程は未解決である。

本研究では、境界に沿って連続的に発生する多数の渦同士の合体過程が実際に観測されるような大規模渦を形成することが可能かどうかを調べるために、周期境界系における有限個の渦の合体過程について 2 次元 MHD シミュレーションを行った。その結果、隣り合う 2 つの渦の発展段階が異なると先に大きく発展した渦が発展の弱い渦を飲み込み、より早くより大きな渦へと発展する性質があることが分かった。さらにこの性質により、渦が複数個並んで発生しかつ渦の間で発展段階にばらつきがある場合は、渦合体により極めて速いスピードで観測されるサイズの大規模渦が形成されることが分かった。今回の発表では、上記の結果に加え、境界方向に大きな計算領域をとり、自由境界条件で行った計算結果を併せて報告し、実際に磁気圏脇腹領域で発生しうる KH 渦の特徴的なサイズについて議論する。