

Electron Inertia Effects On an MHD-Scale Kelvin-Helmholtz Vortex

中村 琢磨[1], 藤本 正樹[1]

Takuma Nakamura[1], Masaki Fujimoto[2]

[1] 東工大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., TITech, [2] DEPS, TITECH

宇宙プラズマの混合や磁気圏境界層における輸送問題を解決する現象として速度勾配によるケルヴィン・ヘルムホルツの渦という現象が考えられている。磁気圏境界層では実際に渦現象と思われる観測もなされているが、詳しい構造は謎のままである。観測されている渦のサイズや観測されている速度勾配から予測される渦のサイズはMHDスケールの波長を持っているので理想MHD方程式で数値実験される場合が多かった。ところが理想MHD方程式で考えると磁力線への凍りつきにより期待される混合現象等は発生しないことが分かっている。

そこで我々は理想MHDを離れた電子慣性までを含めた2流体方程式で計算を行った。今回は2次元シミュレーションを行い、磁場はシミュレーション面に対して垂直な場合を考えた。渦は巻き始めるとより小さなスケールを作り出すように内側へ内側へと巻きつづけるので、たとえMHDスケールの渦であってもいつかはイオン慣性や電子慣性の効果も考慮すべき小スケールの部分が渦内部に現れるはずである。まずはイオン慣性までを含めたHall-MHDで計算したが、その結果は理想MHD方程式で計算した結果と変わらなかった。そこで電子慣性までを含めた方程式で計算すると、理想MHD方程式で計算した場合とは大きく異なる結果が得られた。MHDスケールの渦の内部にその1/4程度のサイズを持った渦が次々と現れ、親渦を崩壊させるという結果が得られたのである。この過程を調べてみると、この結果を生む源は、親渦が巻くことによって初期の勾配層が圧縮され局所的に強電流が流れる小部分が現れることであった。この強電流により電子慣性による不安定が発生しそれが渦内部へ運ばれることにより渦内部に存在する2次的な勾配層へのノイズとなり2次的なMHDスケールの不安定を引き起こし2次的な渦が発生するという過程で親渦崩壊現象が起こっていたことも分かった。つまり、MHDスケールの渦が巻くことにより電子慣性の効果が発生する小スケールの部分が生まれその電子慣性の効果がMHDスケールの親渦を崩壊させる、というスケール間結合が存在しているということである。さらに、この過程が分かったことで様々なパラメータサーベイを行いさらにこの過程が存在し得る範囲を同定することに成功した。その結果、極端なパラメータではない限りこの2次渦によるMHDスケール渦の崩壊という現象は起こり得ることがわかった。

本講演では、2次渦発生メカニズムやその発生可能な範囲の同定について紹介する。