

電離圏アルヴェン共鳴波の伝播に伴う磁気赤道での渦形成

平木 康隆 [1]
[1] 極地研

Vortices in the magnetic equator generated by ionospheric Alfvén resonant waves

Yasutaka Hiraki[1]
[1] NIPR

The purpose of the series of our studies is to clarify the auroral arc dynamics on the basis of magnetohydrodynamic (MHD) instabilities and their nonlinear evolution under the M-I coupling system. A three-dimensional MHD simulation of the feedback instability showed that Kelvin-Helmholtz type vortex structures are spontaneously excited in the magnetosphere [Watanabe, 2010]. A linear analysis of Alfvén eigenmodes, considering the velocity cavities, revealed feedback properties of the field line and ionospheric Alfvén resonances [Hiraki and Watanabe, 2011; 2012; Hiraki, 2013].

In this study, we performed three-dimensional nonlinear MHD simulations of shear Alfvén waves in a full field line system with MI coupling and the steep Alfvén velocity cavities. Nonlinear interaction of Alfvén eigenmodes in the system showed various features: i) a secondary flow shear instability leading to vortices occurs at the magnetic equator, ii) trapping of the ionospheric Alfvén resonant modes accelerates a cascade of auroral fine structures, and iii) waves emitted from the ionospheric cavity cause vortices and magnetic oscillations at the equator side. Essential features at the initial brightening of auroral arc could be explained by growth of the Alfvén resonant modes, which are the nature of the field line system responding to a rapid change in the background conditions. We also report the progress of our model extension where electron inertia effects are included for the evaluation of parallel electric fields.

我々の一連の研究目的は、オーロラアークのダイナミクスを M-I 結合系における磁気流体不安定とその非線型発展という観点から体系化することである。フィードバック不安定の 3 次元計算により、磁気圏で Kelvin-Helmholtz 的な渦構造が自発的に励起することが示された [Watanabe, 2010]。アルヴェン固有モードの線型解析にて、その速度キャビティを考慮した際に現れる磁力線共鳴・電離圏共鳴モードのフィードバック安定性が明らかにされた [Hiraki and Watanabe, 2011; 2012; Hiraki, 2013]。

本研究では、3次元非線型 MHD 計算を行い、M-I 結合と急峻な速度キャビティを含めた全磁力線におけるシアアルヴェン波の振舞いを調べた。アルヴェン固有モード間の純粋な非線型相互作用から、以下のような特徴がわかった。i) 磁気赤道での渦形成に至る二次的なフローシア不安定が起こることを定量的に示した。ii) 電離圏アルヴェン共鳴モードがキャビティ領域にトラップされ、微細な水平構造の成長を促進した。iii) 電離圏キャビティから打ち出された波が磁気赤道での渦・磁場揺動を引き起こした。サブストーム時のオーロラアーク初期増光の裏にある性質は、以上のアルヴェン共鳴モードの成長によって説明できるかもしれない。それは、背景場の急激な変化に対する磁力線システムの自然応答だからである。我々は現在、平行電場の量的評価を行うため電子慣性を加えるモデル拡張を行っており、その進捗についても報告したい。