

## 磁気双極子座標系における電離圏フィードバック不安定性の解析

# 平木 康隆 [1]; 渡邊 智彦 [1]  
[1] 核融合研

## On the ionospheric feedback instability in dipole magnetic field geometry

# Yasutaka Hiraki[1]; Tomo-Hiko Watanabe[1]  
[1] NIFS

The ionospheric feedback instability has been presented for the Alfvén wave penetrating into the ionosphere, where it destabilizes due to a modulation by means of energies of electric drift convections [Sato, 1978; Lysak, 1991; Watanabe, 2010]. Watanabe [2010] performed the linear eigenmode analysis in slab field geometry and the non-linear simulation with a reduced-MHD model. They demonstrated that some spontaneous behaviors such as rolling-up of vortices appear in the non-linear saturation phase. Extending the model into dipole field geometry, we made the linear eigenmode analysis including strong non-uniformity of the Alfvén velocity, in which it is confirmed to be feedback unstable [Hiraki and Watanabe, SGPSS fall meeting 2009]. Lysak [1991] has already performed a similar linear analysis, limited to the ionospheric cavity region, by considering a decrease in the Alfvén velocity below a height of  $\sim 1$  Re; the frequency range is comparable to that of short-period magnetic fluctuations (0.1-1 Hz). They indicated dependences of the growth rate on the Pedersen conductivity, convection field, and perpendicular wave number. However, the relationship between magnetic field, plasma density, and the Alfvén velocity distribution is not so clear because they use slab geometry with a constant magnetic field. In their analysis, the effects on the magnetospheric cavity [e.g. Chen and Hasegawa, 1974], a decrease in the Alfvén velocity above a height of  $\sim 1$  Re, are not considered.

The purpose of this study is to compare linear eigenmodes of our case in dipole geometry with those in Lysak's case, and to investigate further the variations of the form of eigenfunctions and the growth rate by varying the distribution of Alfvén velocity (plasma density). We focus mainly the ratio of the Poynting fluxes for the ionospheric and the magnetospheric cavity modes. One future target of this study is on the kinetic Alfvén wave as well as auroral fine structures excited through formation of ionospheric cavity modes [e.g. Rankin et al., 1999; Chaston et al., 2006; Sakaguchi et al., 2009]. The effects of collision processes that were not considered positively by Lysak [1991] are important for the perpendicular scale of field-aligned current or auroral luminosity, and thus should be examined in details in this analysis. As the other target, the coupling between the drift-Alfvén mode and the kinetic ballooning mode has been suggested for a key process related to the substorm onset in the magnetosphere [Pu et al., 1997; Cheng and Lui, 1998; Erickson et al., 2000]. After the wave amplitude penetrating into the magnetosphere is found clearly, the ballooning mode should be included in our next analysis.

電離圏フィードバック不安定性とは、アルヴェン波が電離圏に入射したとき、そこに存在する対流をエネルギー源として位相変調を受けることで生じる不安定性である [Sato, 1978; Lysak, 1991; Watanabe, 2010]。Watanabe [2010] では、reduced-MHD model を用いて、slab field geometry における固有モードの線型解析と非線型シミュレーションが行われ、不安定に伴って自発的な渦の巻き上がりなどが発生することが示された。我々は、モデルを dipole field geometry に拡張して固有モードの線型解析を行い、アルヴェン速度の急峻な勾配がある系においてもフィードバック不安定が起こることを確かめた [Hiraki and Watanabe, SGPSS fall meeting 2009]。一方で、Lysak [1991] によって、電離圏キャビティ領域 ( $\sim 1$  Re 以下の高度でのアルヴェン速度の減少を考慮) に限定した同様の不安定性解析がすでに行われており、Pedersen 電気伝導度や対流電場、垂直波数に対する成長率の依存性が示されている；周波数スケールは短周期の磁場変動 (0.1-1 Hz) と同程度。しかし、彼らの解析では、磁場が一様な slab geometry を用いたため、磁場、密度、アルヴェン速度分布の関係が不明瞭であり、高度  $\sim 1$  Re を境に減少するアルヴェン速度の“磁気圏キャビティ”の影響 [e.g. Chen and Hasegawa, 1974] は全く考慮されていない。

今回の研究目的は、我々の dipole geometry と Lysak [1991] での線型固有モードの対応をとり、さらにそこからアルヴェン速度分布 (密度分布) を変化させたときの固有関数の形状や成長率の変化を押さえることである。主に、電離圏と磁気圏キャビティモードの Poynting flux 等の強度比に注目する。この研究の位置づけとして、まず、電離圏キャビティモードの形成により発達すると考えられる kinetic アルヴェン波やオーロラ微細構造との関連性が挙げられる [e.g. Rankin et al., 1999; Chaston et al., 2006; Sakaguchi et al., 2009]。Lysak [1991] ではあまり厳密に扱われなかった衝突過程の効果は沿磁力線電流 (オーロラ) の垂直スケールを大きく変化させると考えられ、本解析で厳密に調べておく必要がある。一方で、drift アルヴェンモードと磁気圏で発生するサブストームオンセットの駆動源となる kinetic バルーンモードとの競合関係が指摘されている [Pu et al., 1997; Cheng and Lui, 1998; Erickson et al., 2000]。我々は、磁気圏にどの程度の強度の波が伝播できるかを押さえた上で、次のステップではバルーンモードを考慮した解析を行う必要がある。