

オーロラアークの構造化と非線型ダイナミクス Structuring and nonlinear dynamics of auroral arc

平木 康隆^{1*}
Yasutaka Hiraki^{1*}

¹ 核融合科学研究所

¹National Institute for Fusion Science

磁気圏-電離圏結合系におけるオーロラアークの発達を磁気流体不安定性、及びその非線型発展の観点で理解しようとする研究が近年まで盛んに行われている。その一つがフィードバック不安定性であり [Sato, 1978; Lysak, 1991]、対流電場の形成に伴って電離層上を伝播する密度波と共鳴して、シアアルヴェン波が不安定化する。近年では、2次元シミュレーションにより、微細なアークや電離圏キャビティモードの形成が示された [Streltsov and Lotko, 2004; Lu et al., 2008]。非線型効果を適切に取り入れた3次元シミュレーションでは、磁気圏側で Kelvin-Helmholtz 型の渦構造が自発的に発生することが示された [Watanabe, 2010]。さらに、双極子磁場中でアルヴェン速度不均一を考慮した線型解析では、磁力線共鳴とキャビティ共鳴の固有モードの特徴が明らかになり [Hiraki and Watanabe, 2011; 2012]、それに基づく非線型シミュレーションにより、オーロラの渦構造発生との関連が調べられている。

本研究では、磁気圏プラズマを簡略化 MHD 方程式によって記述し、アルヴェン波の非線型性が Poisson brackets の形で対流項に現れる。アルヴェン波の作る沿磁力線電流が電離圏に流入し、自発的に密度（電気伝導度）の不均一を引き起こす。電離圏プラズマの運動は、Pedersen, Hall 電流で特徴づけられる圧縮性の二流体方程式によって記述され、非線型性が両電流の発散項に現れる。本研究の目的は、磁気圏・電離圏プラズマそれぞれのもつ非線型性が、フィードバック不安定モードの発達に対してどのような効果をもつかを押しさえることである。その結果として誘発されるオーロラの構造化は、観測でみられるアークのスプリット現象や波状構造（ビーズ）、渦構造の形成と関与しているはずだ。一方で、磁力線方向の不均一性を考慮することで、オーロラの発達に伴うキャビティモードや磁力線共鳴の特徴も押しさえることができる。さらに、長時間安定して存在するオーロラアークと対流強化によって成長するフィードバック不安定モードとの関係を調査し、オーロラブレークアップ時に現れる渦構造の特徴を追求する。

キーワード: オーロラアーク, アルヴェン波, 非線型シミュレーション
Keywords: auroral arc, Alfvén wave, nonlinear simulation