

3次元衝突性 Hall MHD シミュレーションを用いたオーロラ加速領域における電磁場構造の解析

#川上 航典¹⁾, 吉川 顕正²⁾, 深沢 圭一郎³⁾

¹⁾ 九大, ²⁾ 九大/理学研究院, ³⁾ 京大・メディアセンター

Analysis of electromagnetic field structure in the auroral acceleration region using 3D collisional Hall MHD simulation

#Kousuke Kawakami¹⁾, Akimasa Yoshikawa²⁾, Keiichiro Fukazawa³⁾

¹⁾ Kyushu University, ²⁾ Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, ³⁾ Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University

Understanding the formation and development of auroral particles and their acceleration mechanisms is a subject of interest in both theoretical and observational studies. Previous research has explored the double layer hypothesis and kinetic Alfvén waves [Ergun et al. 2004, Chaston et al. 2002] to explain the formation of these particles. Recent observations from the ERG satellite have provided evidence that auroral particle acceleration occurs at altitudes above 30,000km [Imajo et al. 2021]. However, the physical processes responsible for the formation and evolution of these acceleration regions remain unclear.

This study focuses on the Auroral Cavity region, which is observed concurrently with the acceleration region, and aims to understand the development of the electromagnetic field and accompanying plasma diffusion based on the plasma density depletion in the Ionospheric Alfvén Resonator (IAR) [Streltsov et al. 2008, Sydorenko et al. 2008]. As a first step in our research, we are currently developing a 3-D collisional Hall MHD simulation that can accurately describe the evolution of the electromagnetic field in M-I coupling system. Unlike the thin-layer approximation, our simulation incorporates the momentum exchange due to collisional effects between the ionic and neutral fluids and provides a more realistic the ionospheric response [Yoshikawa, 2013]. Additionally, the simulation enables us to illustrate electron field-aligned acceleration and ponderomotive forces acting on the MHD fluid, which are associated with the nonlinear evolution of Alfvén waves under the fluid approximation. This description allows us to explore the structure formation theory as a preliminary step towards introducing kinetic theory. In this presentation, we will outline the simulation scheme and present initial results.

オーロラ粒子の形成について、これまで double layer 仮説や運動論的 Alfvén 波などの加速機構が理論と観測の両方のアプローチから研究が進められてきた [Ergun et al., 2004, Chaston et al., 2002]。さらに、近年ではあらせ衛星の観測によって高度 30,000km 以上においてもオーロラ粒子の加速が起きていることが確認された [Imajo et al. 2021]。しかし、これらの加速領域がどのような物理プロセスのもと形成・発展するのかについては明らかでない。

そこで本研究では、IAR におけるプラズマ密度の減少に関する研究 [Streltsov et al., 2008, Sydorenko et al., 2008] を基に、加速領域と同時に観測される Auroral Cavity 領域の形成という観点から電磁場構造の発展とそれに伴うプラズマの拡散について理解を試みている。現在は研究の初期段階として M-I 結合系における電磁場の発展を記述できる 3次元衝突性 Hall MHD シミュレーションを開発している。このシミュレーションでは、薄層近似を用いずに、イオン流体と中性流体間での衝突効果による運動量交換から記述するため、電離圏応答をより正確に記述した M-I 結合系における電磁場の発展を計算することができる [Yoshikawa, 2013] とともに、流体近似の下、Alfvén 波の非線形発展に伴う電子の沿磁力線加速や MHD 流体に働くポンドロモーティブ力なども再現可能なることから、運動論を導入する前段階としての構造形成論の議論が可能となる。発表ではこのシミュレーションのスキームと得られた初期結果について報告する。