

R008-03

C 会場 : 11/26 AM1 (9:00-10:15)

9:30~9:45

オーロラ加速領域における電気二重層の計算機シミュレーションのための高精度手法の研究

#尾崎 理玖¹⁾, 梅田 隆行^{1,2)}

¹⁾ISEE, ²⁾ 北大基盤センター

Study of higher-degree integrators for Vlasov simulation of double layers in the auroral acceleration region

#Riku Ozaki¹⁾, Takayuki Umeda^{1,2)}

¹⁾Institute for Space&Earth Environmental Research, ²⁾Information Initiative Center, Hokkaido University

Electric fields in the acceleration region of the auroral zone have been observed via in-situ observations (e.g., Mozer et al. 1977; Ergun et al. 2001), which is known as electric double layers. The FAST observation showed detailed multi-dimensional structures of the auroral electric double layer (Ergun et al. 2001). Recently, observations by the Arase spacecraft have shown the presence of electric fields parallel to magnetic field lines in the magnetosphere at altitudes of 30,000 km (Imajo et al. 2020). Simulations of the electric fields in the auroral acceleration region have been performed by one-dimensional Vlasov equations (Newman et al. 2001). They have shown that electric double layers have been generated by a strong density depression in a current-carrying plasma.

The present study aims to reveal the formation mechanism of double layers in a current-carrying plasma by Vlasov simulations. However, it is quite difficult to perform a hyper-dimensional Vlasov simulation even on a recent supercomputer due to the lack of both computing resources and accuracy of numerical schemes. The purpose of this study is to develop a higher-degree numerical integrator for the Vlasov equation, which could reduce the number of grid points in the velocity space.

The Umeda schemes (2006, 2012) developed in the previous studies for solving the Vlasov equation have a numerical limiter that preserves non-oscillatory, positivity, and the conservation law. Although these methods have third or fourth order accuracy in space, there is a large numerical diffusion. In the present study, we develop a higher order (5th-order) method.

高度数千 km 付近のオーロラ領域において、電気二重層として知られる加速電場の存在が高度約 4,000 km のその場の衛星観測によって発見された (Mozer 1977)。また、FAST 衛星観測によってオーロラ領域の電気二重層の詳細な多次元構造が明らかにされた (Ergun et al. 2001)。さらに、最近のあらせ衛星の観測により、高度約 30,000 km の磁気圏においても磁力線に平行な加速電場の存在が示唆された (Imajo et al 2020)。一次元 Vlasov シミュレーションにより、加速電場の形成が研究されてきた (Newman et al. 2001)。Newman et al. (2001) は、電流を運ぶプラズマ中に強い密度降下を与えること (Newman モデル) によって電気二重層が形成されることを示した。

本研究では、Newman モデルによる電気二重層形成の計算機シミュレーションにより、二重層の形成メカニズムを明らかにすることを目指す。そのために、Vlasov シミュレーションのための高精度数値スキームの開発を行い、速度空間の格子点数を削減することにより計算コストの低減を試みる。

先行研究で Vlasov 方程式を解くために開発された手法 (Umeda 2006, 2012) では、密度保存および非振動性と正值性を保証するリミッタを利用していた。しかし、それらの手法は 3 次または 4 次精度のため、数値拡散による速度分布の変形が無視できなかった。そのため、本研究では 5 次精度を手法の開発を目指す。