

環電流粒子の自己無撞着な運動論的数値シミュレーション

天野 孝伸 [1]; 関 華奈子 [2]; 三好 由純 [2]; 梅田 隆行 [2]; 松本 洋介 [2]; 海老原 祐輔 [3]; 齊藤 慎司 [2]
[1] 名大・理; [2] 名大 STE 研; [3] 名大高等研究院

Self-consistent kinetic numerical simulations of ring-current particles

Takanobu Amano[1]; Kanako Seki[2]; Yoshizumi Miyoshi[2]; Takayuki Umeda[2]; Yosuke Matsumoto[2]; Yusuke Ebihara[3]; Shinji Saito[2]
[1] Nagoya Univ.; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] Nagoya Univ., IAR

Geomagnetic storm is the strongest temporal disturbance of the geospace environment, causing violent auroral activities, development of global electric circuits, acceleration of radiation belt particles, etc. It is believed that the ring-current particles play a dominant role in the development of geomagnetic storms. The purpose of our study is to develop a numerical simulation code for the self-consistent and kinetic modeling of the ring-current particles.

Since the Larmor radii of typical ring-current particles are much smaller than macroscopic scale length of the magnetosphere, the particle trajectories are well described by the drift approximation. Therefore, by assuming the conservation of the first adiabatic invariant, we use a five-dimensional drift-approximated Vlasov equation or drift-kinetic equation for the description of ring-current particles.

We have obtained a closed set of equations describing a self-consistent coupling between the plasma (ring current) and the electromagnetic field. A numerical simulation code solving a global three-dimensional inner-magnetosphere has developed. We discuss numerical simulation results obtained by the code, more specifically, the propagation of magnetohydrodynamic waves, generation of field-aligned current, and the modification of particle drift paths by the self-consistent coupling.

磁気嵐はジオスペース最大の活動現象として知られ、激しいオーロラ活動や大規模な電流系の発達、放射線帯粒子の加速などを伴う。磁気嵐時には環電流粒子がその時空間発展に多大な影響を及ぼすと考えられている。そこで我々は環電流粒子のダイナミクスを自己無撞着に扱う数値シミュレーションコードの開発を進めている。

典型的な環電流粒子のジャイロ半径は磁気圏の巨視的なスケールに対して十分小さく、その運動はドリフト近似で扱うことができる。しかし内部磁気圏において顕著に見られる温度異方性や、粒子のエネルギーに依存した輸送を正しく取り扱うためには運動論的な取扱いが必須となってくる。そこで本研究では粒子の第1断熱不変量の保存を仮定し、1つ次元を落とした5次元のドリフト近似されたVlasov方程式(ドリフト運動論的方程式)をMaxwell方程式と連立させて解く数値計算手法の開発を行っている。

これまでに静的な電磁場中のドリフトに加え、時間変動する場でのドリフトを考えることによってドリフト運動論的方程式とMaxwell方程式を自己無撞着に連立させた閉じた方程式系を導出することに成功している。また実際に5次元の数値シミュレーションを行い、磁気流体波動の伝播や粒子のドリフト軌道が場とのカップリングによって変形されることを確かめている。本講演ではこれらの初期結果に加えていくつか初期条件を変えて行った数値シミュレーション結果を議論する。現在は初期に双極子磁気圏(電場は0)の一部の領域にのみ高圧の環電流粒子を置いた状態から計算を始めているが、この初期のプラズマ圧の変化に対して励起される磁気流体波動や沿磁力線電流、また電磁場とのカップリングによって粒子のドリフト軌道がどのように変わるかを調べている。これらに加えて、可能であれば外部の境界条件の影響についても議論したい。