

ドリフト近似された Vlasov-Maxwell 方程式系を用いた自己無撞着な内部磁気圏モデルの開発

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

Development of Self-Consistent Inner-Magnetosphere Model using Drift-Approximated Vlasov-Maxwell Coupled System

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

Space storm is the strongest temporal disturbance of the geospace environment, causing violent auroral activities, development of global electric circuits, precipitation of radiation belt particles into the atmosphere, etc. We report the development status of our new nonlinear model (GEMSIS-RC model) that can follow self-consistent nonlinear time evolution of the storm-time inner-magnetosphere dominated by the dynamics of energetic ring current particles.

The model assumes the conservation of the first adiabatic invariant, and the particle motions are approximated by their guiding-centers (drift approximation). By adopting an appropriate Lagrangian, the drift-approximated Vlasov equation in five-dimensional phase space is derived from the variational principle. In order to calculate the drift velocities, the evaluations of temporal derivatives of the electromagnetic fields are required. We show that these temporal variations can self-consistently be determined by using Darwin-approximated Maxwell equations. Some basic properties of the resulting reduced Vlasov-Maxwell system are discussed. We are currently developing a self-consistent numerical simulation code that solves the nonlinear Vlasov-Maxwell system to model the dynamics of the inner-magnetosphere. Initial results obtained by the new code will be presented.

宇宙嵐はジオスペース最大の変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、放射線帯粒子の大気への降り込みなどを伴う。本研究では宇宙嵐時に本質的に重要な役割を果たすと考えられている環電流粒子による磁場変形を自己無撞着に扱う新しい内部磁気圏モデル (GEMSIS-RC モデル) の開発を行う。

宇宙空間プラズマの巨視的なダイナミクスにおいては粒子のジャイロ半径が系の空間スケールに大して十分小さく、無視できる場合が多い。通常そのような問題には磁気流体近似が用いられることが多く、様々な問題に対して適用され成功を収めている。しかし磁気流体近似はプラズマを 1 流体で近似しているため、異なるエネルギーを持つ粒子の振る舞いの違いを表すことができず、また温度異方性も考慮されていない。従って磁気流体近似は温度異方性や高エネルギー粒子が及ぼす影響が無視できない場合には妥当な近似とは言えない。本研究で対象とする内部磁気圏を始めとして、このような系の発展を自己無撞着に記述する新しいモデルの構築は宇宙プラズマの理解に非常に重要な課題である。

本研究では第 1 断熱不変量の保存を仮定し、粒子のジャイロ運動を無視したドリフト近似の Vlasov/Boltzmann 方程式と電磁場を記述する Darwin 近似した Maxwell 方程式を連立させたモデルを考える。変分原理に基づきドリフト近似の Vlasov 方程式を導出し、これと Maxwell 方程式を連立させて時間発展を求める。良く知られているように磁気流体波動を作るには粒子のドリフトや圧力勾配が作る電流が必要である。ここで通常の時間に依存しない電磁場中のドリフト (電場ドリフト、湾曲ドリフト、磁場勾配ドリフト) に加えて場の時間変動に起因する分極ドリフトが必要となるが、この分極ドリフト (電場の時間微分) の評価には注意を要する。ここでは Ampere の法則を用いて分極ドリフトを評価することにより系の時間発展を記述する自己無撞着な方程式系を導き、この方程式系の固有モードなどの基本的性質を示す。また、現在我々はこの方程式系を採用した内部磁気圏の自己無撞着な数値計算コード (GEMSIS-RC モデル) を開発中であり、本コードを用いた数値シミュレーションの初期結果についても報告する。