

磁気圏における交換型不安定モードの圧縮性と安定性基準

Compressibility and stability criterion of the magnetospheric interchange mode

三浦 彰 [1]

Akira Miura[1]

[1] 東大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Science, Tokyo Univ

磁気圏の興味ある領域は有限のプラズマベータ値によって特徴づけられる。そのような領域では磁力線の曲率がプラズマ圧力の勾配との相互作用を通して磁気圏の動力学に影響を及ぼす。そのような相互作用の一つの典型的な例は交換型不安定である。交換型不安定による磁力管とプラズマとの自発的な大規模交換運動の可能性は地球や惑星磁気圏におけるプラズマの再分配の一つの重要な機構として広く議論されてきた。低プラズマベータの極限でのダイポール磁場に対する交換型不安定の安定性基準は良く知られている。この研究においては磁気圏のエネルギー原理に基づいて、圧力平衡を満たす、理想電離層境界によってはさまれた任意の磁気圏の高ベータプラズマに対する交換型不安定の一般的な安定性基準を導き出す。磁力管の交換のためには電離層で磁力線の水平方向の変位が0でないことが必要である。磁気圏のエネルギー原理によれば磁力管の交換を許すような交換型不安定に対する理想電離層の境界条件は二つ存在する。一つは水平方向に自由な境界条件であり、圧縮性の擾乱に対するものであり、もう一つは自由な境界条件であり、この条件は非圧縮の擾乱に対するものである。非常に大きな波数の極限で幾何光学近似を用いて、理想電離層境界によって囲まれた磁気圏での交換型不安定モードは圧縮性であることを示す。次に圧縮性を考慮に入れて交換型不安定モードに対する磁気圏のエネルギー原理から導き出されたポテンシャルエネルギーの変分を計算する。磁気圏のプラズマが電磁流体的に安定であるためにはこのポテンシャルエネルギーが正となることが必要である。そこで、ポテンシャルエネルギーの変分を最小化し、その値が正という条件から、水平方向に自由な電離層の境界条件を満たす交換型不安定に対する安定性基準を導き出す。理想電離層によって囲まれた高ベータプラズマに対して、本研究によって得られた安定性基準が、既に求められている境界のない閉じた磁力線上のプラズマに対する交換型不安定の安定性基準とどのように異なるかについて説明する。電離層境界のある磁気圏には適用できない、境界のない閉じた磁力線上のプラズマに対する交換型不安定の基準と異なり、電離層の存在を考慮に入れた磁気圏のエネルギー原理から導かれる安定性基準においては、フラックス単位の磁力管体積が南半球の電離層から北半球の電離層への積分によって得られ、確固とした物理的な意味を持つ。