

磁気圏のエネルギー原理と圧力駆動不安定性

A magnetospheric energy principle and pressure-driven instabilities

三浦 彰 [1]

Akira Miura[1]

[1] 東大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Science, Tokyo Univ

磁気圏プラズマ中の圧力駆動不安定性を調べるための磁気圏のエネルギー原理を構築する。圧力駆動不安定性は交換型不安定性とバルーニング不安定性とに分類され、両方の不安定性共に磁気圏の力学で重要な役割を果たすことが知られている。例えば、交換型不安定性は惑星磁気圏のプラズマ循環において重要な役割を果たすと考えられ、バルーニング不安定性は磁気圏サブストームのオンセットで重要であると考えられている。両方の不安定性は共に3次元の理想MHDの不安定性で、しばしば混同されているが、両者は非常に異なった特性を持つ。このエネルギー原理では、磁気圏プラズマは2次元あるいは3次元の静的平衡状態にあるとする。更に2次元、3次元平衡のいずれの場合にも対象とするプラズマは磁気圏での完全導体の壁と理想的な電離層の境界によって囲まれていると仮定する。2次元の平衡の場合には更に朝夕方向に周期的な境界によって囲まれ、朝夕方向の0次の磁場成分はないとし、朝夕方向の並行対称性を持つと仮定する。プラズマがすべて完全導体の壁で囲まれている場合の通常エネルギー原理と異なり、このエネルギー原理では0次の状態で電離層を磁力線が垂直に貫いていると仮定し、電離層は完全導体の固定した壁ではない。更に、電離層の境界は自由に動ける境界であり、固定境界条件のみが許される電離層の境界条件ではない。磁気流体の力の演算子が自己共役になり、磁気流体のエネルギー原理が成り立つように理想的な電離層の境界条件を最低次の近似で求める。これらの条件を満たす理想電離層の境界条件は4つあり、水平方向に自由な境界条件、導電性境界条件、自由境界条件、固定境界条件のいずれかである。ポテンシャルエネルギーの変化は流体エネルギーと電離層の表面積分の寄与の二つからなり、電離層の寄与は負で水平方向に自由な電離層境界条件と自由境界条件に対して、不安定にする傾向にある。ポテンシャルエネルギーの最小化の条件から最も不安定なモードの満たす条件が得られる。0次の沿磁力線電流がない場合には、水平方向に自由、導電性、自由、固定境界条件はおのおの交換型モード、非圧縮性バルーニングモード、非圧縮性バルーニングモード、圧縮性バルーニングモードを与える。これら3つの圧力駆動不安定モードの異なる特性を明らかにする。磁気圏のエネルギー原理を用いて、過去に提出されている交換型不安定の安定性条件を比較、吟味し、異なる磁気圏の平衡モデルに対するバルーニング不安定の線型数値解析の結果を系統的に議論する。不安定性のエネルギーバランスも明らかにする。