

電離層駆動の交換型不安定による磁気圏と電離層の間のエネルギーの等分配

三浦 彰 [1]

[1] 東大・理・地球惑星

Equipartition of energy between the magnetosphere and the ionosphere by ionosphere-driven interchange instability

Akira Miura[1]

[1] Dept. of Earth and Planetary Science, Univ. of Tokyo

The energetics of ionosphere-driven interchange instability is investigated on the basis of magnetospheric energy principle. The ionosphere-driven interchange instability is driven by field line displacement on the spherical ionospheric surface. Since the field line displacement on the ionospheric surface creates field line bending at the ionosphere, a surface current is induced and it is responsible for the instability. However, since this surface current creates a surface force, which becomes very large, some large counter force is necessary to keep force balance in the ionosphere. If a surface mass density is assumed in the ionosphere, the inertia force due to the surface mass density can balance the surface force. Such an assumption of the surface mass density is consistent with the real mass distribution along field lines, since the plasma density is very large in the ionosphere. When such a surface mass density exists in the ionosphere, the perturbed ionospheric surface current is responsible for the acceleration of ionospheric plasma across the field lines. Therefore, a part of the energy created by the instability goes to the kinetic energy of the ionospheric plasma and a part of it goes to the magnetosphere. Owing to this surface mass density, the potential energy, which is defined by the ideal MHD force operator, has an extra term, which depends on the ionospheric surface mass density. The existence of this term in the potential energy validates the self-adjointness of the force operator and thus the energy conservation is validated in the magnetosphere-ionosphere system. A detailed calculation shows that exactly one half of the ionospheric contribution to the potential energy goes to the ionosphere and the other half goes to the magnetosphere. Therefore, for ionosphere-driven interchange instability, a rigorous equipartition of energy holds between the magnetospheric plasma and the ionospheric plasma. Since the magnetospheric energy principle is valid for any magnetospheric plasma configuration satisfying the pressure balance condition, this equipartition of energy is valid for any magnetospheric configuration as long as the ionospheric plasma density can be represented by a surface mass density.

磁気圏のエネルギー原理に基づいて電離層駆動の交換型不安定のエネルギー特性について明らかにする。電離層駆動の交換型不安定は球面状の電離層面上での磁力線の変位によって駆動される。電離層面上の磁力線の変位によって電離層で磁力線は曲がり、表面電流が流れ不安定性を引き起こす。しかし、この表面電流によって作り出される力は電離層で非常に大きくなり、何らかの反対方向の大きな力が電離層での力のバランスを保つために必要となる。もし電離層での表面質量密度を仮定すれば、表面質量密度による慣性力がこの表面力とバランスできる。電離層ではプラズマ密度は非常に大きいので、そのような表面質量密度の仮定は現実の磁力線に沿っての質量密度分布と矛盾しない。電離層にそのような表面質量密度がある時には電離層の表面電流の擾乱は磁力線と垂直方向の電離層プラズマの加速を引き起こす。従って、不安定によって作り出されるエネルギーの一部は電離層プラズマの運動エネルギーに転化され、一部は磁気圏のエネルギーに転化される。この表面質量密度のために理想電磁流体の力の演算子によって定義されるポテンシャルエネルギーは表面質量密度に依存する特別な項を持つ。このポテンシャルエネルギー中の特別な項によって力の演算子の自己共役性が満たされ、磁気圏と電離層からなる系でエネルギーの保存が成り立つ。詳細な計算によれば、ポテンシャルエネルギーの電離層の寄与の内、丁度半分のエネルギーが電離層に行き、残りの半分が磁気圏に行く。従って電離層駆動の交換型不安定に対しては、磁気圏プラズマと電離層プラズマの間のエネルギーの等分配が厳密に成り立つ。磁気圏のエネルギー原理は圧力平衡を満たす任意の磁気圏のプラズマ配置に対して成り立つので、このエネルギーの等分配は電離層でのプラズマ密度が表面質量密度によって表される限りいつでも成り立つ。