

ダイポール磁場を仮定した磁気圏の交換型モードの空間的構造

三浦 彰 [1]

[1] 東大・理・地球惑星

Spatial structures of magnetospheric interchange modes assuming the dipole field

Akira Miura[1]

[1] Earth and Planetary Science, Tokyo Univ

Magnetospheric interchange modes are ideal magnetohydrodynamic (MHD) modes, which do not bend magnetic field lines in the magnetosphere. In the magnetosphere there are two interchange modes driven by different mechanisms: one is the pressure-driven mode, which is mainly driven by the pressure gradient in the meridional plane, and the other is the ionosphere-driven mode, which is driven by the horizontal plasma displacement on the spherical ionospheric surface. In order to delineate these two modes, spatial structures of the two modes are investigated by assuming that the unperturbed magnetospheric configuration has axial symmetry and the unperturbed magnetic field is represented by the dipole field. In order to satisfy the assumption of eikonal ansatz, both modes must have perpendicular wavelengths much smaller than the background inhomogeneity scale length. In order to clarify the difference of the spatial structures of those two modes, two opposite limits are considered. One is a mode with the perpendicular wave vector parallel to the azimuthal direction. This mode is essentially pressure-driven and it becomes unstable when the unperturbed pressure gradient is steeper than the adiabatic pressure gradient in the dipole field. Due to a condition on eikonal, the azimuthal mode number m must be larger than $m=7$. A wavefront and a plasma displacement vector for this mode lie in the meridional plane, and the directions of the displacement vectors at the peak and the trough of the wave amplitude are opposite. On the other hand, a mode with the wave vector parallel to the meridional direction is ionosphere-driven. The $m=0$ mode is unconditionally unstable. Assuming a pressure scale length of a few earth's radii, which corresponds to a stable pressure-driven mechanism case, the $m=1$ mode is also shown to be unstable in the inner magnetosphere. The $m=0$ mode has a circular wave front, which is parallel to lines of latitude. On the peak and the trough of the wave amplitude the plasma displacements are parallel to the azimuthal direction and their directions are opposite. Therefore, the pressure-driven mode and the ionosphere-driven modes have completely different spatial structures. The plasma displacements for the two modes are orthogonal. Thus, this difference in spatial structures of those two modes is useful to delineate the physical mechanisms driving the magnetospheric interchange modes.

磁気圏の交換型モードは磁気圏の磁力線を曲げないプラズマの変位を伴う理想電磁流体 (MHD) のモードである。磁気圏では異なる機構によって励起される二つの交換型モードが存在する。一つは圧力駆動のモードで主に子午面内の圧力勾配によって駆動され、もう一つは電離層駆動のモードで球面状の電離層面上の水平方向のプラズマ変位によって駆動される。これらの二つのモードの性質を明らかにするために二つのモードの空間的構造を調べる。0次の磁場構造は軸対称性を持つとし、0次の磁場はダイポール磁場によって表されると仮定する。アイコナル近似の仮定を満たすためには、両方のモードは0次の不均一スケール長より短い磁場と垂直方向の波長を持たないといけない。それら二つのモードの空間的構造の違いを明らかにするために二つの極限を考える。一つの極限は磁場と垂直方向の波数ベクトルが経度方向を向いている場合である。このモードは本質的に圧力駆動のモードであり、0次の圧力勾配のスケール長がダイポール磁場内で許される断熱的圧力勾配のスケール長より、険しい時に不安定となる。アイコナルに対する条件から、方位モード数 m は $m=7$ より大きくなければならぬ。このモードに対する波面とプラズマの変位ベクトルは子午面内に含まれ、波の振幅の山と谷における変位ベクトルの向きは逆向きになる。一方、波数ベクトルが子午線に平行なモードは電離層駆動のモードである。 $m=0$ のモードは無条件に不安定となる。圧力駆動の場合には安定となる、地球の半径の数倍の圧力勾配スケール長を仮定すると $m=1$ のモードも内部磁気圏で不安定となることが示される。 $m=0$ のモードは極を取り巻く円状の波面を持ち波面は緯度線に平行となる。波の振幅の山と谷ではプラズマの変位は経度方向を向き、それらの向きは逆向きである。従って、圧力駆動と電離層駆動のモードは全く異なる空間的構造を持ち、二つのモードに対するプラズマの変位は直交する。このような二つの駆動モードの空間的構造の違いは磁気圏の交換型モードを駆動する機構を明らかにする上で重要である。