

磁気圏の交換型モードによって誘起される新しい型の地磁気変動

三浦 彰 [1]

[1] 東大・理・地球惑星

A new type of geomagnetic disturbance induced by magnetospheric interchange mode

Akira Miura[1]

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

Contrary to a well accepted view that geomagnetic disturbance on the ground in high latitudes is caused by ionospheric Hall current, we find that a geomagnetic disturbance not due to Hall current is induced below the ionosphere by magnetospheric interchange modes. Our analysis is based on an eikonal assumption for an interchange perturbation in a locally rectangular coordinate in the inhomogeneous magnetosphere-atmosphere system. Although an interchange mode has a field line displacement in the magnetosphere, it does not bend magnetic field lines and thus does not accompany field-aligned current perturbation. Thus, Fukushima's theorem of the cancellation of ground magnetic effects of field-aligned and Pedersen currents is not applicable. The existence of such an interchange perturbation in the system is indicated by a current sheet model. We suggest that the ground magnetic disturbance has a component caused by non-Hall current due to interchange mode, which has thus far been completely overlooked.

高緯度での地磁気変動は主に電離層のホール電流によって引き起こされるという仮定は今まで地上磁場の变化から電離層での諸物理量を推定する磁場逆問題解析(マグネトグラムインバージョン)の大前提として用いられてきた。今回この仮定に反して、ホール電流によらない地磁気変動が電離層下の中性大気中及び地上に誘起されることがわかった。今回の理論解析においては不均一な磁気圏と大気の結合系中で局所的な直交座標系を考える。そのような座標系で交換型擾乱に対して、アイコナル近似の仮定を行い、位相が水平方向の激しい変化をする以外に、振幅が高さのみならず、水平方向にゆっくりと変化すると仮定する。たとえ軸対称な磁気圏を仮定しても磁気圏には緯度方向に0次の圧力勾配が存在するため磁気圏は高度に不均一であり、当然、磁気圏と大気の結合系も水平方向に不均一である。このことから、擾乱の位相の水平方向の激しい正弦的变化以外に、振幅の水平方向のゆっくりとした変化を仮定することは妥当である。交換型不安定は磁気圏で磁力線の変位を伴うが、磁力線は変形させず磁気圏で沿磁力線電流を伴わない。福島定理によれば、電離層に垂直入射する沿磁力線電流と電離層のペダーセン電流によって作られる地上の磁場は完全にキャンセルし、地上には電離層のホール電流による磁場変化しか現れない。しかし交換型モードではたとえ0次の磁力線が電離層に垂直入射する場合でも沿磁力線電流を伴わないため、福島定理は交換型モードに対しては適用できず、電離層でのホール電流でない電流による磁場効果が直接に地上に現れる。磁気圏の0次の磁力線と垂直方向に並んだ電流シートのモデルによって磁気圏、電離層と大気の結合系において、交換型の擾乱が実際に存在することを示し、磁気圏中では水平方向の磁場の变化が現れないような磁場変動が可能であることを示す。これらの結果に基づいて、地上の磁場の変動は交換型モードにより生じるホール電流でない電流によって引き起こされる変動成分をもつことがわかる。このような、高緯度において交換型不安定に伴う電離層のホール電流によらない地磁気の変動成分は、地上での磁場変動の成因を考える上で、今まで完全に見過ごされてきた。実際に経度方向にモード数が50の圧力駆動の交換型モードを仮定し、磁力線の水平方向の変位をもたらす電離層での水平方向の電場の擾乱の大きさが5mV/m、また不安定の成長時間が60秒と仮定すると、地上での交換型モードによるホール電流によらない地磁気変動の成分は17nTとなり、十分に観測にかかる大きさであることが判明した。北半球ではこの地磁気変動の成分は電離層上の磁力線の動きと同じ向きであり、南半球では逆の向きとなり、このような交換型モードに伴う地磁気変動成分は磁気圏内の磁力線の動きを反映し、磁気圏内の力学を理解する上で重要である。