

大規模沿磁力線電流を駆動する磁気圏ダイナモ 2 形態

渡辺正和¹、田中高史¹、藤田茂²

¹九州大学国際宇宙天気科学教育センター

²気象大学校

Two modes of magnetospheric dynamo driving large-scale field-aligned currents

Masakazu Watanabe¹, Takashi Tanaka¹ and Shigeru Fujita²

¹*International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University*

²*Meteorological College*

Using a magnetohydrodynamic (MHD) description, we develop a general theory of the magnetospheric dynamo driving large-scale field-aligned currents (FACs). The purpose of this study is to provide a physical basis in interpreting various phenomena in the magnetosphere-ionosphere system reproduced by global MHD simulations. Numerical simulations indicate that in the magnetosphere, plasma thermal energy is much higher than flow kinetic energy, showing that the energy source of the FACs is mainly plasma thermal energy. From kinematic relations, the plasma gas must expand in order for the thermal energy to be extracted. At the same time, from Maxwell equations with Ohm's law, the conditions under which a dynamo (diverging Poynting flux) is generated are expressed in terms of spatial configurations of the magnetic field. That is, the dynamo arises from either (1) the magnetic pressure-dominated configurations or (2) the magnetic curvature-dominated configurations. The former is interpreted to be “expanding slow mode” disturbances in MHD waves, while the latter to be “contracting slow mode” disturbances in high beta plasma (the plasma gas actually expands). As their names indicate, the two disturbance modes are mutually exclusive and do not concur with each other. The expanding slow mode is basically a quasi-stationary process, while the contracting slow mode allows temporal variations. An example of the expanding slow mode is the dynamo of region 1 FACs in the cusp-mantle region, and an example of the contracting slow mode is the dynamo of region 2 FACs in the inner plasma sheet on the nightside.

電磁流体力学 (MHD) の枠組みで、われわれは大規模沿磁力線電流を駆動する磁気圏ダイナモの一般論を構築する。本研究の目的は、グローバル MHD シミュレーションによって再現される磁気圏-電離圏結合系の様々な現象を解釈する際の物理的基礎を与えることである。数値シミュレーションによると、磁気圏ではプラズマの熱エネルギーはプラズマ流の運動エネルギーに比べてずっと大きい。これは沿磁力線電流のエネルギー源が主にプラズマの熱エネルギーであることを示している。力学的関係から、プラズマの熱エネルギーを取り出すためには、プラズマ気体は膨張しなければならない。同時に、Maxwell 方程式と Ohm の法則から、ダイナモ (ポインティングフラックスの発散) が生成される条件は磁場の空間形状を用いて表される。すなわちダイナモは、(1) 磁気圧が支配的な形状か、または(2) 磁場曲率が支配的な形状かのいずれかによって生じる。前者は MHD 波動の「膨張する磁気遅進波」擾乱で解釈され、後者は高ベータプラズマにおける「収縮する磁気遅進波」擾乱で解釈される (プラズマ気体は実際には膨張する)。各々の名称が示すように、両モードはお互いに排他的で同時には起こらない。膨張する磁気遅進波擾乱は基本的には準定常過程であるのに対し、収縮する磁気遅進波擾乱は時間変化を許す。膨張する磁気遅進波の例はカusp・マントル領域における region 1 沿磁力線電流のダイナモであり、収縮する磁気遅進波の例は夜側内部プラズマシートにおける region 2 沿磁力線電流のダイナモである。