

惑星間空間磁場斜め北向き時に現れる夜側電離圏対流系の起源

吉本 友紀 [1]; 渡辺 正和 [2]; 田中 高史 [3]; 藤田 茂 [4]
[1] 九大・理・地惑; [2] 九大・理・地惑; [3] 九大・国際宇宙天気科学教育センター; [4] 気象大

Origin of the nightside ionospheric convection system for oblique northward interplanetary magnetic field

Yuki Yoshimoto[1]; Masakazu Watanabe[2]; Takashi Tanaka[3]; Shigeru Fujita[4]
[1] Earth and planetary science, Kyushu Univ.; [2] Earth & planetary Sci., Kyushu Univ.; [3] REPPU code Institute; [4] Meteorological College

When the interplanetary magnetic field (IMF) is northward, there appears an ionospheric convection system on the nightside that depends on the B_y component of the IMF. For negative B_y , this convection is clockwise in the Northern Hemisphere when viewed from above the ionosphere and counterclockwise in the Southern Hemisphere when viewed from the Northern Hemisphere through the glass Earth. For positive B_y , the above-mentioned rotation direction reverses in both hemispheres. Taguchi et al. (1993) and Grocott et al. (2005) proposed that this convection system was a consequence of Dungey-type reconnection in the magnetotail. However, the idea is rudimentary, and a quantitative modeling is needed for further discussion. The purpose of this study is to clarify the origin of the above-mentioned nightside convection system by quantitative numerical modeling.

The Reproduce Plasma Universe (REPPU) code (Tanaka, 2015) solves the solar wind-magnetosphere-ionosphere coupled system in a self-consistent manner by magnetohydrodynamic approximation. Using the REPPU code, we reproduced the B_y -dependent convection system in the simulated magnetosphere after integrating about 120 minutes under the IMF conditions of $B=5\text{nT}$ (intensity) and $\theta=35$ degrees (clock angle). The locus of the vortex approximately coincides with the maximum of the field-aligned current intensity, indicating that the convection system and the field-aligned current system are formed in a self-consistent manner. We traced the current line from the field-aligned current peak in the ionosphere to the magnetosphere, and identified the dynamo region where $\mathbf{j}\cdot\mathbf{E}$ is negative (with \mathbf{j} and \mathbf{E} being the current density and the electric field, respectively). In the dynamo region, thermal energy is converted to electromagnetic energy. In addition, in the dynamo region, $\text{div}(\mathbf{V}_{\text{perp}})$ is negative (\mathbf{V}_{perp} being the plasma velocity component perpendicular to the magnetic field). This result is interpreted by expanding slow mode disturbances. The dynamo region is located at the end of the high pressure plasma region protruded from the plasma sheet into the lobe. The formation of this protrusion appears to involve interchange instabilities in the magnetotail. Therefore, we conclude that the conventional model in terms of Dungey-type reconnection in the magnetotail is incorrect for the explanation of the B_y -dependent nightside convection system.

惑星間空間磁場 (interplanetary magnetic field, IMF) が北向き時、真夜中付近に発達する IMF B_y 成分に依存する電離圏対流系がある。この対流系は B_y が負のとき、北半球では上空からみて時計回り、南半球では地球から見上げて (透明な地球を北半球からみて) 反時計回りの渦になる。また B_y が正では北半球、南半球とも渦の回転方向が逆転する。この対流系の起源は磁気圏尾部リコネクションであるとする説があるが (Taguchi et al., 1994; Grocott et al., 2005)、定量的な議論は行われていない。本研究の目的は、数値モデリングにより IMF B_y に依存した夜側対流系の起源を解明することである。

Reproduce Plasma Universe (REPPU) コード (Tanaka, 2015) は太陽風-磁気圏-電離圏結合系を電磁流体近似で自己無撞着に解く。REPPU コードを用い、IMF 強度 5nT ・時計角 35 度の条件で約 120 分間積分し準定常状態磁気圏を作ったところ、前述の IMF B_y に依存する対流系を再現することができた。渦の中心は沿磁力線電流強度が極大になる点とほぼ一致しており、対流系と沿磁力線電流系が自己無撞着に形成されている。沿磁力線電流のピークから電流線を磁気圏へ追跡し、 $\mathbf{j}\cdot\mathbf{E}$ が負 (\mathbf{j} は電流密度、 \mathbf{E} は電場) となるダイナモ領域を特定した。ダイナモ領域では熱エネルギーが電磁エネルギーに変換されている。また、そのダイナモ領域では $\text{div}(\mathbf{V}_{\text{perp}})$ が負 (\mathbf{V}_{perp} はプラズマ速度の磁力線に垂直な成分) となっており、膨張する slow mode 擾乱で解釈できる。ダイナモ領域は、高圧プラズマがプラズマシートからローブへ流出した構造の端にあり、この流出構造の形成には交換不安定が関与しているように見える。したがって、夜側対流系の起源を Dungey 型リコネクションで説明する従来のモデルは誤りである。