

極微小惑星間空間磁場 (1nT 未満) のもとでの電離圏対流強化 Ionospheric convection enhancement for extremely weak (<1 nT) interplanetary magnetic field

岩木 美延^{1*}; 片岡 龍峰²; 渡辺 正和³; 藤田 茂⁴; 田中 高史³; 行松 彰²; 細川 敬祐⁵;
Grocott Adrian⁶

MINOBU, Iwaki^{1*}; KATAOKA, Ryuhō²; WATANABE, Masakazu³; FUJITA, Shigeru⁴; TANAKA, Takashi³;
YUKIMATU, Akira sessai²; HOSOKAWA, Keisuke⁵; GROCCOTT, Adrian⁶

¹九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻, ²国立極地研究所 総合研究大学院大学, ³九州大学大学院理学研究院, ⁴気象庁 気象大学校, ⁵電気通信大学大学院情報理工学研究科, ⁶University of Leicester

¹Department of earth and planetary sciences, Faculty of sciences, Kyushu University, ²National institute of polar research SO-KENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), ³Graduate School of Sciences, Kyushu University, ⁴Meteorological College, Japan Meteorological Agency, ⁵Department of Communication Engineering and Informatics, University of Electro-Communications, ⁶University of Leicester

電離圏 2 セル対流は主に惑星間空間磁場 (IMF) 南北方向成分 (B_Z) により制御されるものとして知られている。IMF が南向きのとき、昼側の低緯度境界層におけるいわゆる Dungey のリコネクションにより、電離圏では IMF B_Z の大きさに比例する 2 セル対流が励起される。これに対し IMF 北向きのときには 2 セル対流は弱まり、IMF B_Z にはほとんど依存しない太陽風-磁気圏間の粘性相互作用が残ると理解されている。しかし Milan (2004) はやや異なる描像を得た。IMF B_Z の関数として極冠域対流ポテンシャル差を求めた結果、北向きに対して平均的に 25kV 程度の対流を見出し、対流への粘性相互作用寄与は ~10kV 程度であるものとし、IMF 北向き時の対流は夜側リコネクションと昼側高緯度リコネクションの混合であると結論づけている。そこで我々は SuperDARN の統計データベース [Grocott et al., 2009] を用いて、特に弱い北向き IMF に対する電離圏対流の応答を系統的に調べた。その結果、IMF の絶対値が 1nT 未満のとき、1nT 以上に比べて電離圏対流が強化される傾向を発見した。

上述の特殊な電離圏対流の機構を解明するため、グローバル MHD シミュレーションを用いて IMF 絶対値が 1nT 未満の IMF に対する磁気圏-電離圏対流系を再現した。電離圏対流の強化は観測と同様にみられ、その原因は IMF の弱化によって磁気圏ダイナモがかえって強化されるためだと判明した。強い北向き IMF に対しては、マグネトシースとカスプの間に磁気圧が強い領域があり、これがシースからのプラズマ侵入を防いでいる。しかし、弱い北向き IMF に対してはその領域は消失する。この強磁気圧領域の消失はカスプ圧力の上昇を促し、カスプ-マントル境界領域に $J \cdot E$ が負であるダイナモ領域の形成を促進する。そのダイナモによって沿磁力線電流は強化され電離圏対流もともに強化される。この機構による磁気圏ダイナモは、一般的描像であるダンジーサイクル [Dungey, 1961] や粘性相互作用とは異なるものである。

マウンダー極小期のような太陽活動のグランドミニマムでは惑星間空間磁場が極端に弱まると考えられる。グランドミニマムでは上述のような弱い北向き IMF が長期間継続する可能性があり、本研究は将来のグランドミニマムにおける地球磁気圏応答の予測に役立てることができる。

キーワード: MHD シミュレーション, 極端宇宙天気, 電離圏, 磁気圏対流

Keywords: MHD simulation, severe space weather, M-I convection