

金星昼側電離圏における磁気リコネクションのMHDシミュレーション An MHD simulation study of magnetic reconnection in the dayside Venusian ionosphere

阪本 仁^{1*}; 寺田 直樹¹; 笠羽 康正¹
SAKAMOTO, Hitoshi^{1*}; TERADA, Naoki¹; KASABA, Yasumasa¹

¹ 東北大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Tohoku University

金星や火星は惑星スケールの固有磁場を持たない惑星であるが、太陽風との直接相互作用の結果、その電離圏や磁気圏尾部で磁気リコネクションが発生すると考えられている。近年、非磁化惑星における磁気リコネクションは、Mars Global Surveyorの磁場と電子の観測によって、火星の高度400kmにおける発生頻度分布等が明らかにされつつある [Halekas et al., 2009] が、軌道の制約で他の高度域における発生頻度はよくわかっていない。また、磁気リコネクションが非磁化惑星電離圏の構造とダイナミクス決定において果たす役割も、両者の繋がりが観測で捉えられていないため不明な点が多い。これらの理解には観測的な研究だけでなく理論的な研究も求められており、我々は金星や火星の昼側電離圏における惑星間空間磁場 (IMF) の回転に起因する磁気リコネクションを二次元多成分磁気流体力学 (MHD) シミュレーションにより調査している。

IMFの回転にともなう磁気リコネクションは、いくつかの金星・火星電離圏周辺の未解明現象に関連する可能性があることが、その観測確率や空間分布等から推測される。一つ目の現象は、金星や火星の電離圏からの“プラズマ雲”の放出である [Brace et al., 1981; Crider et al., 2004]。この現象は、IMFの向きが変化する時に観測確率が高くなることが報告されており [Ong et al., 1991]、“プラズマ雲”はIMFの回転にともなう磁気リコネクションの結果として放出された可能性がある。二つ目の現象は、磁力線がロープのようにねじれた“フラックスロープ”と呼ばれる磁場の微細構造の存在である [Russell and Elphic, 1979; Cloutier et al., 1999]。フラックスロープは、太陽風の動圧が低いときに、電離圏の下部で最もよく観測される [Elphic et al., 1983]。この成因について、電離圏界面におけるケルビン-ヘルムホルツ不安定性 [Wolff et al., 1980] や、下部電離圏における非線形効果 [Kleeorin et al., 1994] など様々な説が提唱されている。なかでも Dreher et al. [1995] は、数値シミュレーションを用いて、IMFの回転にともなう磁気リコネクションが成因であるという説を唱えている。

本発表では、金星昼側電離圏における磁気リコネクションの時間発展や、形成されるプラズモイドの空間構造の、二次元多成分MHDシミュレーションによる再現状況を報告する。具体的には、リコネクションが発生する高度、リコネクションの進行の時間スケール、形成されるプラズモイドの空間スケール等について述べる。ここまでの結果では、Lundquist数が 10^6 以上の高度240km以上において、電流シート内の多点で磁気リコネクションが発生し、プラズモイドが形成された。またインフローの状態と速い抵抗性リコネクションの成長時間 [Loureiro et al., 2007] が、リコネクションの発生高度を決める重要な要素になることが明らかになった。ある高度より上部では、電流シートの両側からプラズマが流入しており、リコネクションが起こりやすい状態になっていたが、それより下部の領域では金星電離圏固有の強い下向きの流れによって電流シートの下部からの流入が抑制され、リコネクションレートが低下していた。加えて、リコネクションが確認されなかった下部領域では、典型的な磁場の輸送時間と同程度かそれより短いことも明らかになった。この研究を進めることで、金星や火星の昼側電離圏におけるリコネクション事象がプラズマ雲放出やフラックスロープの原因たりうるか検証する。

キーワード: 金星, 電離圏, 磁気リコネクション

Keywords: Venus, ionosphere, reconnection