

## MHD シミュレーションを用いた火星電離圏イオンの流出経路に関する研究 A global MHD simulation study of the ion outflow channels from the Martian ionosphere

前田 紗和<sup>1\*</sup>; 寺田 直樹<sup>1</sup>; 笠羽 康正<sup>1</sup>  
MAEDA, Sawa<sup>1\*</sup>; TERADA, Naoki<sup>1</sup>; KASABA, Yasumasa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Tohoku University

火星は惑星スケールの固有磁場を持たない非磁化惑星であり、火星の超高層大気と太陽風が直接相互作用することが知られている。その結果、惑星が保有する大気が剥ぎ取られる現象（大気の宇宙空間への流出）が発生する。過去には Phobos2 によって惑星起源イオンの加速および流出が観測されており、約  $3 \times 10^{25}$  ions/s の割合で酸素イオンが流出していると見積もられた [Lundin et al., 1989]。また、Mars Express (MEX) に搭載された Ion Mass Analyzer (IMA) によって、 $\text{CO}_2^+$  などの重い電離圏起源イオンが大量に流出していることが報告された [Carlsson et al., 2006]。

大気の流出過程には様々なものがあり、太陽風との直接相互作用によるものとしては、イオンピックアップ過程、スパッタリング過程、磁気異常からの流出過程、そして電離圏イオンの流出過程が提唱されている。その中でも、低エネルギー ( $< \sim 10\text{eV}$ ) の電離圏イオンの流出過程は、観測が技術的に困難であることなどによって特に不確定な部分が多い。そこで、我々は全球的な magnetohydrodynamic (MHD) シミュレーションの結果 [e.g., Terada et al., 2009] を用いて三次元可視化を行い、低エネルギーの電離圏イオンの流出経路および、その加速機構を解析した。MHD シミュレーションはプラズマを流体として扱う手法であるが、低エネルギーイオンの運動はラーマ半径が小さいことから流体近似が比較的成り立つとして計算した。三次元可視化を行った結果、昼側電離圏から伸びる流線が火星の磁気極付近を經由し、夜側の赤道面付近で東西に分かれ、そのまま四つの渦を形成するという様相が得られた。その渦は電離圏界面付近で速度が大きくなっており、そのまま宇宙空間へと伸びていく。本研究ではまず、その流線をたどり、昼側電離圏起源のイオンが夜側のどの領域で加速されているかを判定した。そして、いくつかの流線を抜き出し、その流線に沿って速度や磁場やプラズマの圧力の数値を出力し、運動方程式の各項を定量的に評価することによって、昼側電離圏起源のイオンが抽出流線上のどの位置でどの項によって加速を受けているかを調べた。

本発表では、これらの MHD シミュレーションに基づいた火星電離圏イオンの流出経路と加速機構の解析結果について報告する。

キーワード: 火星, 電離圏, 大気流出, MHD シミュレーション

Keywords: Mars, ionosphere, atmospheric outflow, MHD simulation