

## 太陽 X 線・紫外線強度の短時間変動に対する火星熱圏の応答

# 市川 義則 [1]; 藤原 均 [2]; 笠羽 康正 [3]; 寺田 直樹 [4]; 寺田 香織 [5]; 星野 直哉 [6]

[1] 東北大・理・地物; [2] 成蹊大・理工; [3] 東北大・理; [4] 東北大・理・地物; [5] 東北大・理・地物; [6] 東北大・理・地球物理

### Response of the Martian thermosphere to short-term variation of the solar X-ray and EUV flux

# Yoshinori Ichikawa[1]; Hitoshi Fujiwara[2]; Yasumasa Kasaba[3]; Naoki Terada[4]; Kaori Terada[5]; Naoya Hoshino[6]

[1] Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Faculty of Science and Technology, Seikei University; [3] Tohoku Univ.; [4] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.; [5] Geophys., Tohoku Univ.; [6] Dept. Geophysics, Tohoku Univ

In order to understand dynamics and escape fluxes of atoms and ions in the Martian exosphere, information about the temperature and composition distributions in the Martian thermosphere and ionosphere is necessary. Many researchers have shown responses of temperature, wind, and composition distributions in the Martian upper atmosphere to variations of the solar EUV flux, e.g. those during the solar maximum-to-minimum activities [Vaille et al., 2009]. Recently, observations by Mars Global Surveyor (MGS) indicated that the Martian lower ionosphere varied significantly in association with enhancement of the solar X-ray flux (1.8-5nm) during a solar flare [Mendillo et al., 2006]. Some astronomical studies suggested that the young sun would radiate huge amount of the X-ray (1.8-5nm) which was few hundred times as much as the present one. Therefore, short-term variations of the solar X-ray and EUV flux should be important for understanding the variations of the Martian thermosphere and ionosphere, particularly, in the condition of the strong X-ray and EUV radiation emitted from the young sun.

A general circulation model (GCM) of the Martian thermosphere has been developed based on the Venusian thermosphere GCM (VGCM), which has been developed at Tohoku University. We have modeled variations of the solar X-ray and EUV flux during a X17.4 solar flare, which was observed on 4 November 2003 by the Thermosphere Ionosphere Mesosphere Energetics and Dynamics (TIMED) satellite. This Martian GCM calculates enhancements of the temperature and scale height at the subsolar point of the exobase by about 30 K and 8 km, respectively, when the solar X-ray and EUV flux (1-20 nm) increases 60 times as much as the usual one for an hour. In the previous study, variations of the global mean temperature and scale height were 90K and 20 km, respectively, during a solar cycle [Bougher et al., 1988]. This means that the temperature and scale height of the Martian upper atmosphere would increase by about 30 % during a big solar flare event even in the present condition. Larger variations of the Martian thermosphere are expected in the condition of the young sun which would emit the strong X-ray and EUV radiation. In the present study, we investigate the temperature responses of the Martian thermosphere to various types of the solar radiation inputs, for example, solar flares which occur successively. We will also investigate variations of the Martian upper atmosphere in the past condition based on the present study. The physical mechanisms, which determine temperature variations, will be investigated. These studies will make it possible to investigate the evolution of the planetary atmosphere which has no intrinsic magnetic field, for example, by coupling this GCM with an exospheric model [e.g., Kaneda et al., 2009].

火星の熱圏・電離圏の振舞や、その歴史的な大気散逸量を求めるには、その組成や温度の太陽 X 線・紫外線強度に対する応答を定量的に理解しなければならない。これまでに、太陽活動の極大期・極小期の変動や下層大気の変動に対する火星熱圏・電離圏における温度、風速、組成比の変動が多くの研究で見積もられており、太陽紫外線フラックスの長時間変動による火星熱圏・電離圏の応答が大気の散逸量を考える上で非常に重要な役割を果たしていることが示されてきた [cf. Vaille et al., 2009]。一方、近年の Mars Global Surveyor (MGS) の観測により、太陽フレア時によって火星電離圏が激しく変動する様子が示された [Mendillo et al., 2006]。このイベントでは、1-5nm の波長域における X 線の急激な変動が観測されたが、従来のモデルでは 1-5nm の波長域における光電離率が考慮されておらず、このような強度・短時間変動に対する火星熱圏・電離圏の応答を再現することができない。さらに、太陽 X 線・紫外線強度は原始太陽の状態では現在よりも数百倍になり得るとの示唆もある [Ribas et al., 2005]。このため、過去の太陽活動状態における火星超高層大気の構造を理解する上でも、太陽活動の短時間変動に対する火星熱圏・電離圏の応答を調べる意義がある。

本研究では、火星熱圏の大気大循環モデル (Martian Thermospheric GCM) を開発し、太陽 X 線・紫外線強度の短時間変動に対する火星熱圏の応答を調べることを目的とする。これまでに、東北大学で開発された金星熱圏の大気大循環モデル (VGCM) [星野 et al., 今学会講演] をもとに火星熱圏の大気大循環モデルを開発した。さらに、TIMED 衛星の観測結果に基づいて、太陽フレアによる太陽放射強度の変動を考慮してシミュレーションを行った。この変動は 2003 年 11 月 4 日に起こった X17.4 の太陽フレアによる太陽放射強度の変動を示している。このシミュレーションにより太陽フレアによる火星熱圏における風速、温度、大気組成の時間変動を調べた。今回開発されたモデルでは、1-20nm の波長域における太陽紫外線フラックスが 1 時間で 60 倍増大した場合、Exobase における太陽直下点での温度が 30K 増大し、その結果スケールハイトが 8km 上昇した。先行研究では、極大期・極小期における exobase の温度変動とスケールハイトはそれぞれ全球平均で 90K と 20km となっている [Bougher et al., 1988]。これより、現在の太陽条件下では太陽フレアによって極大期・極小期変動の 3 割程度の変動が確かめられ、太陽フレアの規模が大きかった過去の太陽条件下では、太陽フレアによる火星熱圏変動は十分に起こり得ることが予想される。本研究では、1-5nm の波長域の太陽放射強度が現在よりも数百

倍大きい場合、太陽フレアが連続して発生した場合など、太陽 X 線・紫外線の強度・増加率・変動時間を変えた条件での火星熱圏変動を調べる。これを、温度変動を決定している物理素過程である分子拡散(熱拡散)やエネルギーの鉛直移流による熱輸送(冷却率)の変化と結合させることで、火星における過去の大気変動を調べていく予定である。この結果は、Exobase より上を扱う「大気散逸モデル群」と結合させることで、無磁場惑星の大気進化の解明につなげていきたい。