

太陽 X 線・紫外線強度の短時間変動に対する熱圏・電離圏の応答

Response of the Martian thermosphere and ionosphere to short-term variations of the solar X-ray and EUV flux

市川 義則^{1*}, 藤原 均¹, 笠羽 康正¹, 寺田 直樹¹, 寺田 香織¹, 星野 直哉¹

Yoshinori Ichikawa^{1*}, Hitoshi Fujiwara¹, Yasumasa Kasaba¹, Naoki Terada¹, Kaori Terada¹, Naoya Hoshino¹

¹ 東北大学大学院理学研究科

¹Tohoku University, Science

現在の太陽活動状態では、火星における大気散逸過程は熱圏・電離圏で生成される O₂⁺の解離再結合が主要なプロセスであると認識されており、それによって生成される非熱的酸素 (O*) が外気圏でコロナを形成しつつ散逸していると考えられている。そのため、O*の散逸量を正確に見積もるためには外気圏における O*の空間分布だけでなく、熱圏・電離圏における O₂⁺の振舞いに対する理解も必要とされる。これまでに、太陽活動の極大期・極小期の変動や季節変動に対する熱圏・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 O*の散逸量を考える上で非常に重要な役割を持っていると認識されている [Valeille et al., 2009]。一方、近年の Mars Global Surveyor (MGS) の観測により、太陽フレア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]。Mendillo et al. (2006) の研究では、太陽フレアによって 1.8-5nm の短波長域における X 線の急激な変動が指摘された。また、X 線の影響が最も大きいとされる高度 80-120km の下層電離圏における光電離率の増加に伴い、大規模な太陽フレア時において O₂⁺の生成率は太陽フレアの起きる前に比べて高度 110km で 2 倍ほど増加することが見積もられ、下層熱圏・電離圏における中性粒子やイオンの組成に影響を与えていると指摘されている。さらに、太陽風の急激な増加に伴って電離圏上層部からの O*の散逸量が著しく増加することがモデル計算によって示された [Kaneda et al., 2009]。Kaneda et al. (2009) の研究では、異なったイオノポーズの変動の仕方により、イオノポーズ以下のイオンの組成が異なることが示唆されている。定常状態では太陽風動圧と O*の散逸率が逆相関なのに対し、非定常状態ではそれらは正相関になることが示されており、太陽風の急激な増大によって、太陽活動の極大期・極小期のような長時間変動に対する応答とは大きく異なった O*の振舞いがあることが指摘されている。これにより、太陽フレアなどによる太陽フラックスや太陽風動圧の短時間変動に対する熱圏・電離圏における中性粒子やイオンは、従来のモデルで示されている太陽活動の長期的変動においては見られなかった応答を示すため、太陽活動の短時間変動に対する熱圏・電離圏の温度、風速を含めた応答を定量的に見積もり、その変動がどの程度外気圏に影響を及ぼすのかを調べることは、O*コロナの空間分布や散逸量の変動を正確に見積もる上で非常に重要である。

本研究は、火星熱圏・電離圏の大気大循環モデル (MTGCM) 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・電離圏の応答を調べることを目的とする。その第一段階として、過去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) から火星熱圏の大気大循環モデルを開発した。大気大循環モデルでは大気のダイナミクス、エネルギー収支、組成変化をそれぞれ運動方程式、エネルギー保存の式、連続式を解くことによって大気の構造が記述され、今回開発されたモデルでは高度 100-200km における火星超高層大気の流れ、温度、大気組成が先行研究 [Bougher et al., 1990] と同様に再現できている。本研究では、VGCM では考慮されていない 0.1-5nm の短波長域における光電離率を考慮することによって、太陽 X 線・紫外線強度の短時間変動に対する火星熱圏・電離圏における風速、温度、大気組成の応答を調べる。

キーワード: 火星, 熱圏, 電離圏, 大気大循環モデル, 太陽フレア

Keywords: Mars, Thermosphere, Ionosphere, General Circulation Model, Solar flares