

数値計算に基づく水星ナトリウム外圏大気の Local Time 依存性の考察

Investigation of Local Time dependence of Mercury's sodium exosphere based on a numerical simulation

園部 彩 [1]; 三澤 浩昭 [1]; 森岡 昭 [2]; 岡野 章一 [3]

Aya Sonobe[1]; Hiroaki Misawa[1]; Akira Morioka[2]; Shoichi Okano[3]

[1] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [2] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [3] 東北大・理

[1] PPARC, Tohoku Univ.; [2] Planet. Plasma and Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [3] PPARC, Tohoku Univ.

水星大気は惑星表面が「外圏底」となる非常に希薄な状態にあり、惑星表面・磁気圏との相互作用により形成されると考えられている。水星大気の主成分とされるナトリウムによる外圏大気については、これまでの多くの観測により空間分布や時間変動に関して数々の特徴が示され、それに伴ってモデル計算等の研究も進んできている。しかし、ナトリウム外圏大気に想定される各生成過程の生成率や寄与割合等の生成過程の詳細については未だ十分に解明されていない。

観測された水星ナトリウム外圏大気の空間分布の特徴的なものの1つとして「Local Time(LT)依存性」が挙げられる(Sprague et al., 1997; Barbieri et al., 2004; Schleicher et al., 2004; Potter et al., 2006)。これは、水星昼側低緯度領域の観測により、ナトリウム大気量に LT 方向非一様性の存在が示されたというものである。具体的な特徴としては、夕方側 LT よりも朝側 LT で大気量が多いことや、生成過程の特徴から朝側 LT では大気量が小さいことが予想されるにもかかわらず、昼側と同程度の大気量が存在すること等が挙げられる。しかし、この大気量の LT 依存性の原因に関する定量的な議論はほとんど行われていない。

我々は、水星ナトリウム大気の生成過程の解明に焦点を当て、主に数値計算を用いた研究を行っている。本研究では、水星ナトリウム大気の LT 依存性を引き起こすメカニズム・効果を検証することで、水星表面付近・昼側低緯度領域における大気の生成過程の理解を目指す。具体的な検証の手法として、我々の数値計算によるモデル大気と Sprague et al. [1997] による観測結果の比較を行った。ただし、比較する観測結果の多くが朝側 LT(06~12 時)を観測したものであったため、本研究では主に朝側領域での LT 依存性について考察した。

本研究で用いた数値計算では、大気原子の運動は太陽・水星・Na 原子間の制限三体問題として解き、4 次のルンゲ・クッタ法を用いて水星表面から放出した原子位置の時間発展を求めた。原子の放出速度は速度分布関数に従うように与え、放出方向はモンテカルロ法を用いて決定する方式とした。生成過程としては、水星近傍の昼側低緯度領域での寄与が大きい熱脱離と光脱離の2種を考慮した。

観測結果と計算結果の比較より、従来考えられていた生成率では観測結果を再現できず、この生成率を朝方から昼の LT にかけて徐々に減少させ、特に昼側 LT では 1 オーダー以上減少させるような新たな生成率を用いた場合に観測結果と合致した。この生成率の変化は水星表面の Na 原子数密度の変化に読み替えることが可能であるが、以上の結果は、朝方から昼にかけて表面 Na 原子数密度が減少することに相当する。このことは、水星表面の Na 原子数密度に LT 方向の非一様性が生じていたことを示しており、これが観測された大気量の LT 依存性を生み出す原因になったと考えられる。朝方側領域で確認された表面数密度の LT 方向の非一様性は、その数密度値を考慮した場合、朝方では表面に Na 原子が“蓄積”した状態、昼側では“枯渇”した状態を表すと解釈される。しかも、この両者の密度差が 10^2 程度になることも示唆された。また、互いに水星真近点離角(TAA)の異なる朝方側領域の3例の観測結果から、蓄積と枯渇の程度には水星-太陽間距離依存性(即ち、TAA 依存性)があることも示唆された。