

数値シミュレーションに基づく水星ナトリウム大気の朝夕非対称性の検証

Investigations of the dawn-dusk asymmetry 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.

水星については、その直接探査は1970年代に行なわれた米国のMariner 10によるフライバイ観測による3度のみであり、また、地上からの光学観測も地球大気のゆらぎや見かけサイズの小ささのために困難である。ゆえに、現在も水星に関してはあまり多くのことが知られていない。しかし、近年、MessengerやBepi-Colombo等による直接探査が実行・計画されており、水星は、現在大変注目を集めている惑星の一つである。

水星に関する限られた知見の中で、大気については、大気に含まれるナトリウム(Na)の発光により地上観測が可能であることから比較的研究が進んでいる。水星大気は月大気と同様、地表面が「外圏底」となる非常に希薄な状態にあり(表面付近で~106個/cc程度)、大気は惑星表面・磁気圏との相互作用により保持されていると考えられている。Na大気については、これまで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ている。しかし、水星表面からの大気放出機構については、いくつかの提案があるものの、放出率・放出領域などの詳細はまだ解明されていない。

観測された水星Na大気の空間分布の特徴的なものの一つとして「朝夕非対称(地方時(LT)依存性, diurnal variation)」が挙げられる(Sprague et al.,1997, Barbieri et al.,2004, Schleicher et al.,2004)。朝夕非対称とは、夕方側よりも朝側の方でNa大気量が多い(3倍程度)という現象である。この効果を生み出す原因として、Sprague et al.(1992)では、夜の間に惑星表面に再吸着したナトリウム原子が、朝になり太陽光照射によって地表面が急速に熱せられたことでこれらの原子が熱脱離することを提案した。また、水星昼側では太陽光が当たり続けることにより、水星表面のNa原子量が減少する可能性も示唆されている(Hunten and Sprague, 2002)。これはNa原子の“涸渇”とも表現されるが、特に、太陽光に長時間曝されることになる夕方側ではその効果が大きいとされる。このため、夕方側では大気中に放出されるNa原子の量が少ないと考えられている。また、Leblanc and Johnson (2003)では、モデル計算により、水星の真近点離角(TAA)に依存して地表面のNa原子量(涸渇量)が変化する可能性も示唆されているが、これは水星の公転:自転の比率が3:2であることと離心率が0.20と比較的大きいことに由来するとされる。

本研究では、モンテカルロシミュレーションを用いて、観測されている水星Na大気分布の朝夕非対称性やTAAによる分布の違いがどのような放出機構に起因するのかを明らかにする。更に、その大気分布を作り出す成因としての熱脱離や表面Na原子の涸渇の効果を検証する。

数値シミュレーションでは、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。放出機構としては、従来提唱されている光脱離、微小隕石衝突による気化、太陽風イオンによるスパッタリングに加え、熱脱離過程を考慮した。原子の放出速度は放出機構ごとに別々の速度分布関数として与え、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。Sprague et al.(1997)やBarbieri et al.(2004)の「朝夕非対称」の観測結果は、「真の非対称+見掛けの効果」であると考えられる。本研究では、まず、朝夕非対称を含まないモデルを用いて、観測される大気分布の見掛けの効果(視線方向の積分効果)を見積もり、真の非対称性がどの程度あるかを検証した。現在、大気放出域の太陽光の天頂角やLTにより放出量を変化させたモデルを用いて、観測結果を再現する場合を探索することにより、熱脱離過程の寄与や、涸渇の効果の検証を進めている。