

火星の二酸化炭素と水の散逸について

寺田直樹（東北大学大学院理学研究科）

火星大気の宇宙空間への散逸は、散逸の素過程（超高層大気過程やプラズマ過程）自体も興味深い研究対象であるが、火星表層環境への影響という観点においても興味深い。例えば、金星と地球と火星の組成重量比を比較すると、火星における N_2 , CO_2 の惑星質量に対する重量比は金星や地球よりも 3 桁以上小さく、 N_2 や CO_2 が大量に宇宙空間へと散逸したことが示唆される。また、火星大気の同位体比も、火星から大量の大気（N, C, H は 85-90%）が散逸したことを示唆しており、大気散逸が火星大気の組成・保有量や表層環境を決定する上で重要な役割を果たしてきたと考えられる。一方で、 ^{40}Ar の重量比は金星と地球と火星で比較的近い値を示しており、脱ガスモデルを用いた考察などから、火星大気は初期（約 10 億年間）の速い流出（ N_2 , CO_2 ）と、後期（約 35 億年間）の緩やかな流出（ ^{40}Ar ）を経験したと考えられる。このように、大気散逸は火星大気や表層環境の超長期的変遷に多大な影響を及ぼしてきたと考えられるが、これらは何れも間接的な証拠に基づいた推測に留まっている。直接的な証拠、すなわち、火星の大気が宇宙空間に散逸していく現場を捉える試みは、1970 年代より探査機直接観測などにより行われているが、観測的実証が不十分なため、散逸率の理論推定値には 1 桁以上の不確実性が存在している。今後のひさき衛星（2014 年 3 月に金星、6 月に火星観測開始予定）や PLANETS 地上望遠鏡などの光学観測や、MAVEN（2014 年 9 月に火星軌道到着予定）やのぞみ後継探査による総合的な観測によって、散逸過程と散逸率の理解、そして表層環境への影響の理解が、今後飛躍的に進展することが期待される。

火星表層環境への影響に関する未解明問題としては、水の散逸に伴う酸素残存の問題、温室効果ガス（ CO_2 など）の消失などが挙げられる。両者に共通するのは、初期火星に存在していたと考えられる数十気圧程度の酸素や炭素の消失を、宇宙空間への散逸（特に太陽風誘導の非熱的散逸）で説明可能かという問題であるが、現時点での知見に基づいた我々の電磁ハイブリッドモデル及び電磁流体力学モデルによる計算結果は 1 桁ほど小さな消失しか説明できず、否定的な結果が得られている。しかしながら、散逸率の推定値自体に 1 桁以上の不確実性が含まれていることと、初期太陽風モデルにも不確実性が含まれることから、今後の観測的実証に基づいた研究が待たれる。初期太陽風に関しては、近年、理論的研究の進展に加えて、若い G 型星の表面磁場分布の観測データなどが得られつつあり、今後の理解の進展が期待される。