

修士論文

火星外気圏における非熱的酸素原子分布と
太陽光共鳴散乱発光強度のモデル計算

東北大学大学院理学研究科

地球物理学専攻

須内 健介

(指導教員 岡野 章一 教授)

平成18年

要旨

火星は地球に比べて重力が小さく固有磁場をほとんど持たないため、磁場を持つ地球のような惑星とは異なった大気散逸のメカニズムがあり、H、H₂等の軽い成分だけでなく、C、O、NO、CO、O₂、CO₂などの重要な重い大気成分も大気から散逸していると考えられる。火星では、火星電離圏の主要なイオンである酸素分子イオンの解離性再結合によって非熱的酸素原子が生成され、火星酸素コロナを形成しつつ散逸しており、大気の進化や太陽風との相互作用において重要な役割を担っていると考えられている。

火星酸素コロナの分布を調べる方法としては、太陽紫外線が酸素コロナ中で共鳴散乱することによって生じる共鳴散乱光を用いたリモートセンシングが有効である。この共鳴散乱光の観測は1960年代後半からMariner 6、7、9等の探査機によって行われ、現在Mars Expressが観測を続けている。これらの探査機に搭載された紫外分光計は有用なデータを残してきたが、高度方向1次元のリム観測であるため、時間的および空間的に変化すると考えられる火星酸素コロナ全体の理解には不十分であると言える。また、火星外気圏非熱的酸素原子の分布とその散逸率のモデル計算は過去多くなされているが、報告されてきた密度分布には数倍の差があり、散逸率については2桁の違いがあり、未だ不確定要素が多く今後の更なる研究に期待の高まる対象であるといえる。

篠崎 [1994] では光の多重散乱過程を考慮して放射強度を計算しているが、大気モデルは高度のみに依存する球対称で一様な密度分布を仮定している。観測との比較から、火星外気圏の構造やそこに存在する物理過程、太陽風との相互作用、大気散逸過程の定量的な議論をするためには、より現実的な非球対称な大気モデルを用いる必要がある。そこで我々は、モンテカルロ法を用いた非球対称なモデル計算により、酸素分子イオンの解離性再結合から生じる非熱的酸素原子の3次元密度分布を求め、太陽光共鳴散乱の放射強度を見積もった。さらに、求めた太陽紫外線共鳴散乱光の発光強度分布を用いて、Yamazaki *et al.* [2004] により設計されたXUV撮像装置による非熱的酸素原子コロナの撮像観測が可能であるかについて見積もりを行った。

まず、火星電離圏に関するモデル計算や近年の観測から、非熱的酸素原子の exobase からの放出量の太陽天頂角依存性を 3 つ設定し、全球一様に放出させる場合を含めた計 4 つの場合について非熱的酸素原子の密度分布の計算を行った。その結果、夜側からの非熱的酸素原子の放出が無い場合、或いは少ない場合には太陽天頂角により昼夜で顕著な密度差が生じた。また、低高度ほど非熱的酸素原子放出率の太陽天頂角依存性を良く反映して密度差が顕著になり、高高度領域では弾道運動により異なる太陽天頂角から放出された非熱的酸素原子が回り込むことで密度差は小さくなることが解った。

次に、求めた非熱的酸素原子の 3 次元密度分布を用いて共鳴散乱光の発光強度分布を見積もったところ、1000km 以上の高度領域では、極小期に比べて極大期の発光強度は約 3.5 倍となった。非熱的酸素原子の exobase からの放出量の太陽天頂角依存性が同じ場合には、相対的な分布の形状は極大期と極小期でほぼ等しくなった。様々な面に対して発光強度を投影する場合、火星を真横から見た場合(公転面に垂直で 0LT と 12LT を含む面に投影した場合)に非熱的酸素原子の放出量の天頂角依存性による発光強度分布の違いが顕著に見られ、逆に太陽と火星を結ぶ軸に沿って見た場合には同心円状に分布し形状に顕著な違いは見られない。発光強度は $\chi=0^\circ$ で最も大きくなり、接線高度 1000km、 $2R_M$ (高度 3397km)、 $3R_M$ において太陽活動極大期ではそれぞれ約 70R、10R、3R、極小期ではそれぞれ約 20R、3R、1R となった(4 ケースの内、代表として酸素原子放出量の天頂角依存性が $\cos\chi$ に比例するとした場合の値を示す)。

最後に、XUV 撮像装置による火星非熱的酸素原子コロナの観測可能性について見積もりを行った。火星中心から $15R_M$ の距離から観測する場合、撮像装置の視野 15° には半径 $2R_M$ の領域が入り、空間分解能は約 100km となる。太陽活動極大期について求めた発光強度は、 $\chi=0^\circ$ (12LT) における接線高度 1000km、3397km(火星中心からの距離 $2R_M$) では約 70R と 10R、公転面内 18LT における接線高度 1000、3397km(火星中心からの距離 $2R_M$) では約 20R と 5R であり、*Yamazaki et al.* [2004] に述べられた撮像装置の性能であれば高度 $2R_M$ まで、さらに $\chi=0^\circ$ ならば高度 $3R_M$ 付近まで観測可能であると見積もられた。太陽活動極小期での発光強度は極大期の値の約 30% となるが、撮像装置の性能から $\chi=0^\circ$ の高度 $2R_M$ 付近まで観測可能である。火星探査機のぞみ (PLANET-B) で予定されていた長楕円軌道(遠火点高度 $15R_M$ 、近火点高度 150km、軌道周期は約 37 時間)と同じ軌道をとるとすると、遠火点を通過する度に撮像を行うことにより、火星非熱的酸素原子コロナの数日スケールでの全球的な変動を捉えることが可能であると考えられる。