

火星大気起源のピックアップイオンが火星周辺のプラズマ環境に与える影響

*陣 英克 [1],向井 利典 [1],田中 高史 [2]

宇宙科学研究所[1], 郵政省通信総合研究所[2]

Effects of pickup-ions of planetary atmospheric origin on the Martian plasma environments

*Hidekatsu Jin[1], Toshifumi Mukai [1], Takashi Tanaka [2]

ISAS[1], CRL[2]

Since, unlike earth, Mars does not have a global strong intrinsic magnetic field, the planetary atmosphere directly interacts with the solar wind. According to previous study, Mars is expected to possess an extended oxygen corona. The oxygen corona is exposed to the solar wind, and many ions produced in the oxygen corona are 'picked up' by the solar wind. These O⁺ ions were observed by PHOBOS2 around Mars and existence of pickup ions were confirmed. We are studying effects of these pickup ions on plasma environments around Mars. Assuming the altitude profile of oxygen corona from Nagy[1988] and background solar wind and magnetosheath model from MHD calculation [Tanaka,1998], we calculated production rate of pickup ions around the planet, and trajectories and phase space densities of these pickup ions at several points using a test particle simulation. In the calculation of production rate of pickup ions, 3 ionization processes (photoionization, charge exchange, and electron impact) are calculated, we find out that the electron impact ionization rate greatly increases in the downstream subsolar region due to enhancements of electron temperature and density. And we calculate the phase space densities of pickup ions, and find out that because the gyro radii of pickup ions are large compared to the planetary scale, pickup ions gyrating near Mars forms only about 1/4 ring in the velocity space. Especially O⁺ ions produced in the downstream subsolar region where the effect of electron impact is significant, come up to the upstream region, and form off-ring parts in the velocity distribution function at points near bow shock. This non-gyrotropic distribution and large phase space density means that plasma as a fluid change not only its speed, but its direction of speed, which can lead to formation and shape of the Martian bow shock.

火星には薄い大気はあるが、地球などのような惑星を取り巻く強い磁場は無い。このような惑星は地球とは異なり、太陽風と惑星大気が直接相互作用する。

特に火星は過去の研究により、火星大気起源の酸素コロナが電離層を越え、太陽風プラズマの支配する領域にまで広がっている事が示唆されている。

酸素コロナが太陽風プラズマの中で電離すると、電場と磁場を感じて gyro運動を開始し、E×Bドリフトをしながら太陽風に持ち運ばれる。(太陽風にピックアップされる。) 実際PHOBOS 2の観測でも火星近傍 O⁺イオンが見られている。

我々はこのピックアップイオンが火星周辺のプラズマ環境に与える影響を調べようと考えている。

そこで我々は酸素コロナの分布とMHD計算による火星近傍の磁場、電場などのモデルを仮定し、ピックアップイオンの発生量分布、さらにテストパーティクルの計算によってピックアップイオンの軌道といくつかの地点における速度分布関数を求めた。

ピックアップイオンの発生量分布の計算では、太陽紫外光による photoionization、太陽風プロトンとの電荷交換(charge exchange)、太陽風中の電子との衝突(electron impact)といったそれぞれのプロセスを計算した。特にbow shockの内側のsub solar領域において、電子の密度、温度が増加することから electron impactによる発生量が大きいことが分かった。

そしてテストパーティクル計算をしてピックアップイオンの速度分布関数を求めると、ピックアップイオンのgyro半径は火星半径に比べて大きく、速度空間上でも火星近傍ではせいぜいリング分布の4分の1程度しか形成していない事が分かった。さらにelectron impactの効果が卓越しているbow shock下流、sub solar領域で発生するO⁺イオンが、bow shock上流に出て来て、bow shockが形成される付近の速度分布関数上でリングから外れた成分を作ることが分かった。

この地点でプラズマの流体としての速度を考えると、非等方的で値の大きいピックアップイオン速度分布関数のためにプラズマ流体はその速度の大きさだけでなく方向もかわるだろうということが分かった。これはプラズマの流体的現象であるbow shockの形状などに影響を及ぼし得るものである。