

金星電離層起源イオン速度分布関数の特徴とイオン加速メカニズムの関係

益永 圭 [1]; 二穴 喜文 [2]; Barabash Stas[2]; Fedorov Andrei[3]; 寺田 直樹 [4]

[1] 東北大・理・地物

; [2] IRF; [3] CESR, Toulouse, France.; [4] 東北大・理・地物

Characteristics of velocity distribution functions of oxygen ions at Venus and their relations to acceleration mechanisms

Kei Masunaga[1]; Yoshifumi Futaana[2]; Stas Barabash[2]; Andrei Fedorov[3]; Naoki Terada[4]

[1] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.; [2] IRF; [3] CESR, Toulouse, France.; [4] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.

<http://pat.gp.tohoku.ac.jp/>

Since Venus has no intrinsic magnetic field, its ionospheric components (mainly oxygen ions) escape to the interplanetary space due to direct interactions between the ionosphere and the solar wind. The solar wind convection electric field penetrates into the induced magnetosphere and accelerates ions of planetary origin. Pick-up ions, accelerated by the solar wind convection electric field, have been often observed by many spacecrafts at Venus.

When oxygen ions are produced, they drift to the $E \times B$ direction in the real space ($E \times B$ drift). In the velocity space, the ions moving with the $E \times B$ drift exhibit a ring distribution whose center is the solar wind's velocity. Such ring distribution has been observed at for example comets [e.g., Terasawa et al., 1986] and Moon [e.g., Futaana et al., 2003]. These observations of ring ions are the evidence of the pickup process occurring near these bodies. As seen in such example, the velocity distribution functions include valuable information on the generation and the acceleration mechanisms.

In this study we aim to understand ion acceleration mechanisms around Venus by analyzing 3D ion velocity distribution functions (VDFs) obtained from Ion Mass Analyzer (IMA). IMA is a part of the Analyzer of the Space Plasma and Energetic Atoms (ASPERA-4) instrument, onboard Venus Express. Of 1.5 years data we select 50 VDFs when the local magnetic field is stable. Most of the oxygen ions are frequently observed where the local convection electric field directs away from the planet in the real space. We converted the VDFs into the CEB frame (direction of: E; the local convection electric field, B; local magnetic field, and C; $E \times B$ drift). We found that the observed VDFs can be categorized into the following 3 types: 1. Ring-like distribution where VDFs are on the ideal ring calculated from a local proton velocity and magnetic field, 2. beam-like distribution parallel to the local magnetic field, and 3. velocity distribution inside the ideal ring. From these results, we can identify the ions in category 1 as pickup ions accelerated by the local convection electric field. The ions in category 2 are the planetary ions accelerated by the potential along the magnetic field. The ions in category 3 are not straightforward to interpret, but they might have experienced non-uniform electric and magnetic fields, have accelerated by multiple electric mechanisms, or have had non-zero initial velocities.

In this presentation, we discuss potential effects to produce those VDFs, namely the non-zero initial velocity of the oxygen ions and the additional electric field (convection electric field in the presence of multi-ion species, bi-polar electric potential caused by electron pressure gradient and the Hall electric field).

金星は固有磁場を持たず、超高層大気が太陽風に直接さらされている。従って太陽風中の電磁場との相互作用により金星電離層外縁圏起源のイオン（主に酸素イオン）が加速を受け、流出していることが多くの探査機により観測されている。

金星超高層におけるイオン加速メカニズムはいくつか提唱されているが、代表的な例として、イオンピックアップが挙げられる。これは外気圏で新たに生成された酸素イオンが太陽風対流電場によって加速され、 $E \times B$ ドリフトして金星から流出するメカニズムである。実際、太陽風対流電場方向から酸素イオンが多く流出していることが Pioneer Venus Orbiter や Venus Express により観測されている。このようなピックアップイオンは速度空間で見ると、太陽風速度を中心としたリング分布を形成する。リング分布は彗星 [e.g., Terasawa et al., 1986] や月 [e.g., Futaana et al., 2003] のその場観測によってもよく見られ、これらの天体の大気成分や近傍で生成されたイオンが太陽風電場によって加速されていることの傍証とされる。このように、速度空間上でのイオンの速度分布関数はその生成・加速メカニズムの情報を含んでいる。

本研究では、金星超高層において、加速されたイオンはどのような速度分布を有するかを議論する。我々は欧州の探査器 Venus Express 搭載の Analyzer of Space Plasma and Energetic Atoms (ASPERA-4) の一部 Ion Mass Analyser (IMA) の取得した酸素イオン (>10 eV) の 3次元速度分布関数データを用い、金星周辺で観測される酸素イオンの空間分布・速度分布関数の特徴を調べた。まず、2006 - 2007年のデータから酸素イオン観測地点の磁場が安定であった50イベントを抽出した。この時、酸素イオンはローカルのプロトンによって計算された対流電場方向半球でより多く観測されることが分かった。次に、我々はこれらの速度分布関数を計算した。その結果、これらは大きく分けて以下の3つのタイプに大別された。1. 上記の例で挙げたイオンピックアップ過程で予想されるリング分布に一致するもの、2. ローカルの磁力線平行方向に運動するもの。3. 予想されるリング分布とは一致せず、予想されるリングの内側に分布が見られるもの。(ローカルのプラズマ流との相対速度が例1.のイオンより有意に小さい)。1の分布を持つイオンは、金星系において静止状態

で生成された酸素イオンがローカルの太陽風の対流電場によって加速を受け、 $E \times B$ ドリフトしているもの、2の分布を持つイオンは沿磁力線方向に金星起源のイオンを加速させるメカニズムであると考えられる。一方で3の分布は、予測されていなかった分布であり、解釈には詳細な検討が必要であるが、電離層上部で生成されたイオンがローカルの対流電場の系に流れてくるまでに影響を受けた磁場や電場の履歴の情報を保持している可能性がある。

本発表ではこれらの特徴的な分布関数を生み出す要因について、イオンの初速度やその他の電場源（複数のイオン種が存在するときの対流電場、両極性電場、また、Hall 電場）を考慮にいれ、議論を行う。