

磁気圏におけるイオン温度空間分布の質量依存性

浅見 隆太 [1]; 星野 真弘 [2]; 桂華 邦裕 [2]
[1] 東大・理・地惑; [2] 東大・理

Mass dependence of ion temperature spatial distributions in the magnetosphere

Ryuta Asami[1]; Masahiro Hoshino[2]; Kunihiro Keika[2]
[1] Earth and Planetary Science, Univ. Tokyo; [2] University of Tokyo

Heating and acceleration of magnetospheric plasma have been studied using in-situ plasma and field observations. However, dominant heating/acceleration mechanisms and areas are not well understood. Moreover, it remains unclear whether the heating/acceleration mechanism depends on mass. It is thus necessary to investigate ion velocity distributions for several major species in a wide energy range including typical ion energies in the magnetosphere. However, there were a few satellite missions that can observe the thermal component of magnetospheric plasma with mass determination. There have been therefore a small number of studies that focus on mass-dependent processes in the typical energy range ($<1-10$ keV) of magnetospheric ions.

In this paper, we investigate heating and acceleration mechanisms of magnetospheric ions by comparing spatial variations of H^+ , He^+ , and O^+ . We use the data obtained by the HPCA instrument on board the MMS satellite which is in a low-inclination elliptical orbit with an apogee of about 12 Re and a perigee of about 1000km. The HPCA instrument can measure H^+ , He^+ , and O^+ in a few eV to 40 keV energy range with a time resolution of about 10 seconds. Using 20-min averaged data for the period of September 2015 to September 2016, we examined density and temperature spatial distributions. First, we divided an equatorial plane into $0.5 \text{ Re} \times 0.5 \text{ Re}$ bins and then calculated median of density and temperature in each bin. Next, we focused on around noon and midnight where the satellite stayed near the magnetic equator.

The results show that the temperature of He^+ increased in the near-Earth regions (r smaller than 9Re) compared to H^+ and O^+ in both daytime and nighttime. We found a difference in temperature radial gradient between ion species at r smaller than 9 Re, and the gradient was smaller for any ions beyond 9 Re. On the night side, the parallel component of the temperature to the background magnetic field (T_{\parallel}) shows mass dependence larger than the perpendicular component (T_{\perp}). On the other hand, no difference between the components is seen on the day side. These results suggest that the dominant acceleration/heating mechanism is different between He^+ and O^+ , or there is a phenomenon that selectively heats only He^+ . We will also investigate differences/similarities in behavior between hot plasma and cold plasma. In addition, we will analyze velocity distribution function data for typical events of stronger temperature radial gradient of He^+ than H^+ and O^+ .

現在まで、様々な人工衛星の「その場」観測によって、磁気圏プラズマの加熱・加速研究が行われてきた。しかし支配的な加速メカニズムや加速領域は未だよく理解されていない。また加熱・加速機構が質量によって異なっているのか未解明である。加熱・加速プロセスを質量依存も含めて明らかにするためには、低いエネルギー帯の組成も含めた広範囲のエネルギー帯の描像を確立する必要がある。しかし磁気圏の広範囲にわたる地球磁気圏プラズマの熱的成分のイオン種別解析は、観測が困難であったため、磁気圏イオン（特に外部磁気圏）の典型的なエネルギー帯（ $<1-10$ keV）の粒子種依存過程に着目した研究は少ない。本研究では起源が異なる O^+ と H^+ の比較に加え、同じ地球起源である O^+ と He^+ を比較することで磁気圏イオンの加熱・加速メカニズムを調査する。

本研究では近地点 1000km から遠地点 12Re の範囲を周回する MMS 衛星に搭載された HPCA により得られたデータを利用する。HPCA は数 eV-40keV の H^+ 、 He^+ 、 O^+ を約 10 秒の時間分解能で観測している。我々は、2015 年 9 月 1 日から 2016 年 9 月 1 日までのデータを用いて、磁気圏の H^+ 、 He^+ 、 O^+ の密度、温度の空間分布を調査した。具体的には、磁気赤道面付近の 6 Re-12Re の領域を $0.5\text{Re} \times 0.5\text{Re}$ の bin に区切り、各 bin の密度、温度の中央値を示した空間分布図を作成した。また磁気赤道付近に長く滞在する正午付近、真夜中付近に分け、それぞれの場合の密度、温度の 20 分平均値を 0.5Re 毎にプロットした。

以上の解析から昼側、夜側いずれの場合についても He^+ の温度が、 O^+ や H^+ と比べて、地球に近づくにつれて大きく上昇していることが示された。しかし、イオン種毎の温度勾配に差があるのは 9 Re より地球側であり、9 Re 以遠はいずれのイオンについても勾配が小さくなっている。また夜側での温度の背景磁場に平行な成分 (T_{\parallel}) は垂直成分 (T_{\perp}) と比べて粒子依存性が大きかった。一方、昼側では、温度成分のイオン種依存性の差異は見られなかった。これらの結果は、太陽風起源である H^+ だけでなく同じ地球起源の He^+ と O^+ であっても支配的な加速・加熱機構が異なっていること、もしくは He^+ のみを選択的に加熱する現象が存在することを示唆している。今後は熱いプラズマと冷たいプラズマに分けてそれぞれの振る舞いの違いについて調査する。また今回得られた傾向が顕著なイベントについてより詳細な解析を行っていく。