

内部磁気圏における 1 keV 以下の低エネルギー O+ プラズマの空間分布

#能勢 正仁¹⁾, 浅村 和史²⁾, 三好 由純³⁾, 松岡 彩子⁴⁾, 寺本 万里子⁵⁾, 熊本 篤志⁶⁾, 土屋 史紀⁶⁾, 笠原 禎也⁷⁾, 新堀 淳樹³⁾, 篠原 育²⁾

(¹ 名市大・DS 学部, (² 宇宙研, (³ 名大 ISEE, (⁴ 京都大学, (⁵ 九工大, (⁶ 東北大・理・地球物理, (⁷ 金沢大

Spatial distribution of low-energy (<1 keV) O+ plasma in the inner magnetosphere

#Masahito Nose¹⁾, Kazushi Asamura²⁾, Yoshizumi Miyoshi³⁾, Ayako Matsuoka⁴⁾, Mariko Teramoto⁵⁾, Atsushi Kumamoto⁶⁾, Fuminori Tsuchiya⁶⁾, Yoshiya Kasahara⁷⁾, Atsuki Shinbori³⁾, Iku Shinohara²⁾

(¹School of Data Science, Nagoya City University, (²Japan Aerospace Exploration Agency, (³Institute for Space-Earth Environment Research, Nagoya University, (⁴Graduate School of Science, Kyoto University, (⁵Kyushu Institute of Technology, (⁶Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, (⁷Emerging Media Initiative, Kanazawa University

The ion composition of background plasma in the magnetosphere is a very important parameter, because it significantly alters the nature of various electromagnetic phenomena occurring there, such as solar wind-magnetospheric coupling, magnetic reconnection, Kelvin-Helmholtz instability, electromagnetic ion cyclotron wave, and Alfvén wave. O+ ions, which are 16 times heavier than H+ ions, have a significant impact on the plasma mass density of the background plasma; thus, it is necessary to investigate when, where, and how low-energy O+ ion fluxes change. Recent studies by Chappell [2008] and Lee and Angelopoulos [2014] reported presence of low-energy (10 eV–a few keV) ions, called “warm plasma cloak”, at L>\$6 from midnight to the dawn and morning sides. Further low-energy (<\$50 eV) plasma, consisting mainly of O+ ions, has also been reported to be localized around L=3–5 on the dawn to morning side [Nosé et al. 2018, 2020]. This lower-energy O+ plasma is called “oxygen torus”. However, since these studies were based on observations in the outer magnetosphere at L>6 or event analysis, we need to perform a statistical study to reveal characteristics of the warm plasma cloak and the oxygen torus in the inner magnetosphere.

In this study, we investigated the spatial distribution of low-energy O+ plasma in the inner magnetosphere using data from the Arase satellite collected over a 3.7-year period from April 2017 to December 2020. We statistically analyzed the omnidirectional ion flux of 50–300 eV O+ observed by the LEP-i instrument onboard the Arase satellite. Our findings include: (1) peaks in O+ ion flux are frequently observed near the plasmopause; (2) the average O+ flux is significantly higher in the region of 21–09 MLT and L=4–5; (3) the pitch angle distribution of the O+ flux is cigar-shaped. These statistical results of low-energy O+ plasma align well with the expected temporal evolution of field-aligned low-energy O+ ions (FALEO) that flow from the ionosphere to the inner magnetosphere during substorms, suggesting that FALEO is the source of the low-energy O+ plasma.

磁気圏において、背景プラズマのイオン組成は、太陽風-磁気圏結合、磁力線繋ぎ変え、ケルビン-ヘルムホルツ不安定性、電磁イオンサイクロトロン波動、電磁流体波動など、その場で生じる様々な電磁氣的現象の性質を大きく変化させるため、非常に重要なパラメーターである。特にO+イオンはH+に比べて16倍の質量を持ち、背景プラズマの質量密度に大きな影響を与えるため、その低エネルギーフラックスがいつ、どこで、どのように変化するかを調べる必要がある。近年の研究によれば、真夜中から朝側・午前側にかけて、L>6の磁気圏には、Warm plasma cloakと呼ばれる比較的低エネルギー(10 eV-数 keV)のイオンが存在している[Chappell, 2008; Lee and Angelopoulos, 2014]。また、朝側から午前側のL=3-5あたりには、Oxygen torusと呼ばれる、さらに低エネルギー(<50 eV)で主にO+からなるプラズマが局在化していることも分かってきた[Nosé et al., 2018, 2020]。ただ、こうした研究は、L>6の外部磁気圏での観測や、イベント解析に基づくものであるため、Warm plasma cloakおよびOxygen torusの内部磁気圏での統計的な調査が望まれる。

そこで、この研究では、2017年4月から2020年12月の約3.7年間にわたって蓄積されたあらせ衛星のデータを用いて、低エネルギーO+イオンが卓越するプラズマが内部磁気圏のどこで観測されやすいかを調査した。あらせ衛星搭載のLEP-iが観測した50-300 eVのO+全方向イオンフラックスについて統計解析を行った結果、(1)O+イオンフラックスのピークはプラズマ圏のすぐ近くでよく観測される、(2)O+フラックスの平均値は、21-09 MLT, L=4-5で大きな値を持つ、(3)O+フラックスのピッチ角分布は、磁力線方向に偏ったcigar-typeである、ことが分かった。こうした低エネルギーO+プラズマの統計観測結果は、サブストーム時に電離圏から内部磁気圏へ流出し、磁力線に沿って動く低エネルギーO+イオン(Field-aligned low-energy O+ ion, FALEO)の時間発展から予想される結果とよく一致しており、低エネルギーO+プラズマの供給源がFALEOであることを示唆している。