

南極域大気光イメージャと Swarm 衛星を用いた南極域極冠パッチの統計的性質に関する研究

香川 亜希子 [1]; 細川 敬祐 [1]; 小川 泰信 [2]; 門倉 昭 [2]; 海老原 祐輔 [3]
[1] 電通大; [2] 極地研; [3] 京大生存圏

Polar cap patches in Antarctica: a statistical analysis with WATEC imagers and Swarm satellites

Akiko Kagawa[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Yasunobu Ogawa[2]; Akira Kadokura[2]; Yusuke Ebihara[3]
[1] UEC; [2] NIPR; [3] RISH, Kyoto Univ.

Polar cap patches are defined as regions of plasma density enhancements in the polar cap F region ionosphere. The electron density inside patches is 2 to 10 times larger than the background level. The production of patches is believed to be caused by intermittent intake of high-density solar EUV plasma on the dayside by the anti-sunward convection. However, we still do not know if this process is always working and creating patches or not.

In the past, the optical observations of patches were carried out only in the northern hemisphere. This is because it has been difficult to install/operate relatively large and expensive equipment in the severe environment in Antarctica. In this study, we make use of so-called WATEC imagers which are inexpensive and handy airglow imagers. The WATEC imagers have been operative at McMurdo (77.5 S, 166.4 E, -79.9 MLAT) and South Pole (90.0 S, -74.7 MLAT) stations. By applying several noise reduction processes (e.g., image integration) to the original raw images, we succeeded in visualizing polar cap patches in the southern hemisphere. In this study, we try to reveal statistical properties of Antarctic polar cap patches and discuss their generation mechanisms by comparing it with the past observations in the northern hemisphere. In addition, we use the electron density data from the Swarm satellite. Since the Swarm satellites provide high temporal resolution in-situ electron density data, it is possible to analyze the detailed internal structures of patches and clarify the irregularities in the electron density in the vicinity of patches.

The temporal resolution of the 630.0 nm observations of the WATEC imagers is 4 sec. After making noise-free images by averaging consecutive images for 1 minute (15 images), we applied an algorithm for automatically extracting patches to the images. As a result, we detected 551 events at McMurdo and 283 events at South Pole. Additionally, we separately identified patches directly created from PMAF (poleward moving auroral forms) on the dayside, which are 15 events at McMurdo and 130 events at South Pole. For these Antarctic patches, we investigated the UT dependence of their occurrence frequency in the statistical fashion. At both the stations, the occurrence frequency was larger when the observation points were located on the nightside. The reason why there is a time span in which the patches could not be detected in this study was not because that period is dominated by daytime high-density plasma but because patch generation mechanism itself was not operating during that time. Due to a large offset in location between the geographic and geomagnetic poles (AACGM model) in the southern hemisphere, there is some period while the entire polar cap was within the dark hemisphere and intake of daytime high-density plasma never happens. On the other hand, patches originated in aurora were detected near the dayside cusp where is the hotspot of PMAF. Since South Pole station is mostly located at the cusp on the dayside, those patches were detected more often at South Pole than McMurdo. Since they have detailed structures in the electron density much more than the plain polar cap patches, we analyzed such internal structures by using the high-time resolution electron density data from the SWARM satellite. We also carried out a statistical analysis of the SWARM electron density data from December 2013 to June 2017 and obtained similar UT variation in the occurrence of high-density plasma in the polar cap as that of the polar cap patches. This again implies that plain patches are produced by the intake of high-density plasma from the sunlit region. In the presentation, by comparing the derived statistical properties of polar cap patch in the southern hemisphere with those in the northern hemisphere, we will discuss the generation process of patches.

極冠パッチとは、極冠域電離圏 F 領域において局所的に電子密度が増大した領域である。極冠パッチの生成は、反太陽方向の極冠プラズマ対流の発生時に極端紫外線放射 (EUV) により大気の一部が電離した昼間側の高密度プラズマが日陰域に間欠的に取り込まれることによって生じると考えられているが、全ての極冠パッチがこの生成メカニズムで発生しているかは明らかになっていない。過去の極冠パッチの光学観測は北半球のみにおいて行われてきており、南半球における極冠パッチの光学観測事例は存在しない。その要因として、大型の光学観測機器を用い、観測環境が厳しい南半球極冠域での観測を行うことが難しかったことが挙げられる。本研究では、南極域のマクマード基地 (77.5 S, 166.4 E, -79.9 MLAT) 及び南極点 (90.0 S, -74.7 MLAT) に設置されている Watec カメラを用いた廉価な 630.0 nm 大気光イメージャによって得られたデータに画像処理を施し、南半球極冠パッチの光学観測を可能にすることに取り組んだ。南半球における極冠パッチの発生頻度を統計的に解析し、北半球で行われてきたこれまでの研究と比較することで、生成メカニズムに関する情報を得ることを目的としている。それに加え、SWARM 衛星による高時間分解能電子密度データを用いることで、光学データだけでは捉えることができない極冠パッチ内部の微細構造について解析を行い、極冠パッチ内部の電子密度擾乱についても考察を行う。

ノイズ軽減のための画像積分処理を施した時間分解能 1 分の画像に対して、極冠パッチ検出のためのアルゴリズムを作

成し、極冠パッチのイベント数をカウントした。この結果、2015年4月1日から2015年8月31日の冬期において、マクマード基地では551例、南極点では283例の極冠パッチを検出することができた。この他に、PMAF (Poleward Moving Auroral Forms) によって分離されたオーロラの一部が、高密度プラズマの塊として極冠プラズマ対流に沿って輸送される現象がマクマード基地では15例、南極点基地では130例検出された。さらに、これらのイベントに対して発生頻度のUT依存性を調べた。その結果、極冠パッチの発生頻度はUTに対して一様ではなく、両地点ともに極冠パッチの検出がほぼ存在しない時間帯が連続で約10時間確認された。北半球の光学観測では、観測視野が磁氣的昼間側に位置した時、日照領域に支配されてしまうため、一般的に光学観測が不可能であることが知られている。しかし、本研究で極冠パッチの検出が確認できない時間帯が存在した要因は、その時間で視野が日照領域に支配されていたわけではなく、パッチの生成自体が行われていなかったためである。これは、南半球の地理極とAACGM系の磁極のオフセットの関係から、極冠域が日陰領域に完全に入り込み、高密度プラズマが取り込まれない時間帯が存在することによって生じると考えられる。北半球のオフセットは小さいために常に極冠域に日照領域が存在するが、南半球のオフセットは大きいため極冠域に日照領域がシフトしない時間帯が約10時間存在する。従って、南半球ではより顕著なUT依存性が現れたと考えている。

一方、オーロラ起源のパッチは極冠プラズマ対流の時間変化が激しい昼間側カस्प付近に視野が位置した時間帯に多く検出された。オーロラ起源のパッチは、日照領域の高密度プラズマから発生した極冠パッチと比較して、非常に細かい電子密度構造を持つ。そのため、高時間分解能のSWARM衛星データを用いて極冠パッチ内部の密度擾乱を解析した。さらに、2013年12月から2017年6月までの電子密度データを用いて極冠域プラズマ密度のUT変化及び季節変化を算出した。その結果、日照領域から取り込まれた高密度プラズマの輸送変化を確認することができ、光学データで算出した極冠パッチのUT依存性とほぼ一致する結果が得られた。発表では、これらの光学データと衛星データの統計解析より、南半球で観測される極冠パッチの統計的性質について調べた結果を報告し、北半球との比較を行うことで極冠パッチの生成メカニズムを議論する予定である。