

高感度全天イメージャによる観測を用いたポーラーパッチのエッジに関する統計解析

對比地 雄大 [1]; 細川 敬祐 [1]; 田口 聡 [2]; 小川 泰信 [3]; 松村 充 [3]
[1] 電通大; [2] 京大理; [3] 極地研

Edge of polar cap patches: a statistical study with an all-sky airglow imager

Yudai Tsuihiji[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Satoshi Taguchi[2]; Yasunobu Ogawa[3]; Mitsuru Matsumura[3]
[1] UEC; [2] Grad school of Science, Kyoto Univ.; [3] NIPR

Polar cap patches are islands of enhanced electron density often seen in the polar cap F region ionosphere during the southward IMF conditions. The characteristics of the shape of patches have been investigated in detail by using airglow observations in the polar cap region. Our recent analysis indicated, through a study of one single case example, that the shape of patches is asymmetric between the leading and trailing edges. That is, the leading edge of patches tends to be sharper than the trailing edge. Then, we suggested that the gradient-drift instability (GDI) is one of the possible processes directly creating this asymmetry. Through the GDI process, it is expected that the fluctuations in the electron density can develop more efficiently in the trailing edges than in the leading edge. This difference may produce the observed asymmetry in the gradient of the leading and trailing edges because the density fluctuation can mix the high/low plasma in the vicinity of the trailing edge and relax the boundary. To confirm this hypothesis, in this study, we perform a statistical analysis of the edges of patches by using a high-resolution airglow measurement in the polar cap.

From October 2011 to February 2015, 102 patches were observed by an all-sky EMCCD airglow imager in Longyearbyen, Norway. We have extracted the 630.0 nm optical intensity at zenith as a time-series and then statistically investigated the ratio of the gradient of the optical intensity in the leading edges to that in the trailing edges. As a result, it was found that the gradient in the trailing edges is a few times more gradual than that in the leading edges. This again implies that the shape of patches is deformed probably through the mixing of high/low density plasmas due to the GDI process. In the presentation, we will discuss the generation mechanism of plasma irregularities in the edges of patches by comparing the airglow observations with a two-dimensional simulation of the GDI process.

ポーラーパッチは、磁気緯度が75度を超える場所に位置する極冠域電離圏の150-400 km高度に現れる局所的に電子密度が増大した領域である。太陽の紫外線により日照域で生成された高密度プラズマが、極域電離圏対流に乗って夜側へと輸送され、極冠域でポーラーパッチとして観測されていると考えられている。パッチは、輸送されている間に酸素原子イオンの解離再結合反応を起こし、波長630 nmの赤色大気光を放出する。この光の発光強度は数100 Rと弱く、肉眼で捉えることはできないが、高感度全天大気光イメージャを用いることで、その空間構造を2次元的に捉えることができる。近年の大気光観測によってパッチの空間構造に関する研究は進展を見せており、その空間スケールや巨視的な形状が理解されつつある。これまでの研究によって、パッチの先頭と後方のエッジには、その密度勾配に非対称性が存在する可能性が指摘されている。この非対称性を作り出す要因として、Gradient-Drift不安定性 (GDI) が考えられる。背景対流と密度勾配の向きが関係するGDIの不安定条件を考慮すると、パッチの後方では微小な密度擾乱が成長し、先頭では成長しないことが期待される。このため、不安定性によるエッジの等密度線の攪拌がパッチの後方においてのみ生じ、エッジの密度勾配はパッチの後方において緩やかになることが予想される。

本研究では、ノルウェー北部ロングイアビエンに設置している高感度全天大気光イメージャのデータを用いて、ポーラーパッチのエッジにおける密度勾配を定量的に算出し、先頭と後方のエッジにおける勾配の大きさを比較する。これにより、パッチの輪郭がGDIによって変調を受けているかどうかを確かめることを目的とする。2011年10月から2015年2月の期間に、全天イメージャによって得られたパッチの画像データから、視野の中心における輝度の時系列データを作成した。さらに、この時系列データからパッチの輝度の勾配を検出するプログラムを作成し、期間内に観測された102例のパッチに関して、パッチの先頭と後方の勾配の比を調べた。その結果、先頭の勾配に比べて後方の勾配は平均的に数倍緩やかであることが統計的に示された。この結果は、上で述べたGDIによるエッジの攪拌が密度勾配の変調を引き起こしている可能性が高いことを示している。発表では、GDIの簡単な2次元シミュレーションの結果も参照し、プラズマ不安定によるパッチのエッジの変調を作り出すメカニズムについて考察を行う。