

磁気北極付近における極冠パッチの光学観測：発光強度の UT, IMF By 依存性について

岡村 紀¹、細川 敬祐¹、塩川和夫²、大塚雄一²

¹電気通信大学大学院情報理工学研究科

²名古屋大学宇宙地球環境研究所

Optical observations of polar cap patches near the northern magnetic pole: UT and IMF By dependence of patch luminosity

Kazu Okamura¹, Keisuke Hosokawa¹, Kazuo Shiokawa² and Yuichi Otsuka²

¹UEC(The University of Electro-Communication)

²ISEE(Institute for Space-Earth Environmental Research)

Polar cap patches are regions of high electron density in the polar cap F region ionosphere. Patches are produced by the interaction between the spatial distribution of the dayside high-density plasmas and their anti-sunward transport across the polar cap by the high-latitude plasma convection. Patches are known to be often observed during intervals of southward interplanetary magnetic field (IMF) conditions. Since the electron density increases inside patches, they can be detected as regions of increased 630.0 nm airglow emissions obtained by ground-based all-sky airglow imagers.

In this study, we make use of measurements by two all-sky airglow imagers of Optical Mesosphere Thermosphere Imagers (OMTIs), one at Eureka, Canada (80.5 N, 273.6 E, 88.5 MLAT), which was newly installed in October 2015, and the other at Resolute Bay, Canada (74.7 N, 265.0 E, 82.9 MLAT). The magnetic latitude of Eureka is approximately 89 degrees; thus, near winter solstice, we are able to carry out 24h continuous measurement at an almost fixed point near the magnetic pole. By using this feature, we have investigated the characteristics of polar cap patches near the magnetic North Pole, for example the dependence on UT, season, and IMF By.

Bowline et al. [1996] modeled the dependence of patch electron density on UT, season, and IMF By in Eureka, using numerical simulation. In this study, based on this modeling result, we analyze these dependencies by looking at two case examples respectively on January 31, 2016 and February 3, 2016, when patches were observed in Eureka and Resolute Bay simultaneously. Since the IMF By was stable at about -10 nT throughout these days, we can extract the pure UT variation of the patch luminosity. By extracting signatures of patches from all-sky images, it was found that the observed UT variation of the patch luminosity shows a systematic change predicted by the simulation. This is because the interaction between the dayside high-density plasma and high-latitude plasma convection system varies with UT due to the offset between the magnetic pole and geographic pole. In addition, since the IMF By was stable with plus values during these intervals, we are also able to discuss the relationship between the patch luminosity and IMF By.

We also tried to estimate the altitude of patches by combining all-sky images taken from Eureka and Resolute simultaneously. We plotted the data from the two points on a single map with changing the assumed altitude of the 630.0 nm airglow emission, but, it was difficult to determine a single central altitude of patches. This implies that the patches are distributed in a wide altitude range from 210 to 290 km. This fact indicates that, unlike typical greenish aurora, patches have a thickness of at least ~80 km.

極冠パッチは、極冠域 F 領域電離圏で観測される高電子密度領域であり、太陽からの極端紫外線により電離された日照域のプラズマが極冠域のプラズマ対流によって反太陽方向へと輸送されることによって生じると考えられている。また、極冠パッチは、反太陽方向のプラズマ対流が強まる IMF (Interplanetary Magnetic Field) が南向きの時間帯に高い頻度で観測されることが知られている。パッチ内部では電子密度が増大しているため、地上からの全天イメージャ観測においては波長 630.0 nm の赤色大気光が増大した領域として観測される。630.0 nm 赤色大気光は酸素イオンと酸素分子双方が多く分布している高度 250 km 付近の高度で発光強度が最大になるので、極冠パッチは、F 領域ピークよりやや低い高度で発生していると考えられている。

2005 年から継続しているカナダ・レゾリュートベイ (74.7 N, 265.0 E, 82.9MLAT) における観測に加える形で、2015 年の 10 月から磁気北極により近いイウレカ (80.5 N, 273.6 E, 88.5 MLAT) において、OMTIs (Optical Mesosphere Thermosphere Imagers) 全天大気光イメージャの観測を開始した。30 秒の露光時間で 1 分毎に 630.0 nm 大気光の撮像を行っている。イウレカでは、磁気緯度がほぼ 90 度であるために地球の自転の影響をほとんど受けない。また、冬至付近には 24 時間連続観測ができるため、MLAT/MLT 極座標系においてほぼ定点と考えられる場所での 24 時間連続観測が可能になる。本研究では、この特性を生かし、磁気北極付近における極冠パッチの発生条件 (UT 依存性、季節依存性、IMF By 依存性) に関する解析を行った。

Bowline et al. [1996] は、数値シミュレーションを用いることで、イウレカにおける極冠パッチの発光強度の UT 依存性、季節依存性、IMF By 依存性のモデリング (再現実験) を行っている。本研究では、この再現実験との比較を念頭に置いて、イウレカとレゾリュートベイ両方においてパッチが観測された 2016 年 1 月 31 日、2 月 3 日に着目して解析を行った。この時間帯においては IMF Bz の値が -10 nT 程度で安定していたため、パッチの発

光強度の UT 変化のみを抽出できる。この 2 日間に観測された全天画像からパッチを抽出し、その発光強度の UT 変化を導出したところ、パッチの発光強度にはシミュレーションと同様の UT 変化があることが判明した。これは、磁気北極と地理北極の間にオフセットがあるために、特定の UT において対流による日照プラズマの取り込みがより効率的に行われることを反映していると考えている。これに加え、この時間帯においては、IMF By が正で安定しているため、パッチ発光強度と IMF By の極性の関係についても議論を行うことができる。発表では、観測された By 依存性と、シミュレーションを比較した結果を報告する予定である。

以上の解析に加え、視野が重複するイウレカとレゾリュートベイからの全天光学観測を用いて極冠パッチ発光高度の推定を行った。2つの観測機器から得たデータを、マッピングする高度を変えながら地図上に描画して比較したところ、210-290 km の広い高度範囲においてパッチの空間構造に整合性が見られ、単一の発光高度を決定することができなかった。この事実は、オーロラとは異なり、パッチが高度方向に少なくとも 80 km 程度の厚みを持つことを示唆している。