

極冠パッチの出現特性に見られる南北非対称性: 低高度衛星を用いた統計解析

八束 優 [1]; 細川 敬祐 [1]; Liu Huixin[2]
[1] 電通大; [2] 九大・理・地惑

Interhemispheric asymmetry of polar cap patches: statistics with low-altitude satellite data

Yu Yatsuka[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Huixin Liu[2]
[1] UEC; [2] None

Polar patches are regions of localized electron density enhancement often observed at the F region altitude in the polar cap region. They are believed to be produced through transportation of solar EUV plasma in the dayside sunlit area towards the central polar cap by the anti-sunward polar cap convection during southward IMF conditions. The electron density within patches can be 2 to 10 times of that in the surrounding region since the background electron density in the winter time dark polar cap region is generally very low. In-situ electron density measurements by low-altitude polar orbiting satellites have not been used for observations of patches, except for those performed by using 14 months of data from the DE-2 satellites. In particular, systematic statistical analysis of patches using large in-situ measurements has never been carried out so far. In this study, we statistically analyzed the long-term in-situ electron density measurements by the CHAMP satellite for almost 10 years from 2000 until 2009. This study aims at clarifying the dependence of patch occurrence on solar activity, season and IMF (Interplanetary Magnetic Field) orientation. In particular, based on statistics in both hemispheres, we intend to focus on the interhemispheric asymmetry in various characteristics of patches.

For this purpose, we developed an automated algorithm for extracting patches from the in-situ electron density measurements at the topside F region altitude during the polar cap crossings of CHAMP. By applying the algorithm to the 10 years dataset, we succeeded in extracting 20,986 individual patches. Statistical analysis of these patches shows that the occurrence probability and the electron density within patches depend strongly on the solar activity and season. We also found that the occurrence of patches shows clear UT dependence, which could be explained by the offset between the geographic and magnetic poles. In the southern hemisphere, the occurrence rate of patches is only a half of that in the northern hemisphere. We suspect that this interhemispheric asymmetry in the patch occurrence is caused by the difference in the offset between the geographic and magnetic poles. In addition, it was revealed that patches tend to appear on the dawn side (dusk side) polar cap when the upstream IMF B_y is negative (positive). This implies that not only the generation process but also the transportation of patches are dependent on the orientation of IMF. Such information is of particular importance in modeling/predicting the effect of patches on the trans-ionospheric satellite communication environment. In the presentation, we discuss the predominant generation mechanism of patches by taking into account the derived UT dependence and interhemispheric asymmetry in the patch occurrence.

ポーラーパッチは、磁気緯度 75 度以上に位置する極冠域電離圏の F 領域で観測される局所的に電子密度が増大した領域のことである。太陽からの極端紫外線放射 (EUV) により電離された日照領域の高密度プラズマが、IMF B_z 成分が負の時に発生する昼側から夜側へのプラズマ対流によって、極冠域へ間欠的に取り込まれることによって生成されると考えられている。冬期極冠域の日陰領域では光電離によるプラズマ生成が行われなないので、一般にパッチ背景の電子密度は低くなっている。そのため、背景電子密度と比較すると、パッチ内部の電子密度は 2 倍から 10 倍に達すると言われている。低高度極軌道衛星搭載の電子密度計測によるパッチの観測は、過去に DE-2 (Dynamics Explore 2) 衛星による約 14ヶ月間のデータを用いてしか行われておらず、特に、数年以上にわたる長期間のデータを用いた大規模な統計解析は未だに行われていない。また、これまでのパッチに関する研究は北半球極冠域のみを対象として行われてきたため、南半球極冠域におけるパッチの統計的性質は明らかになっていない。本研究では、CHAMP 衛星による電子密度観測が行われた 2000 年から 2009 年までの約 10 年間に及ぶ長期観測データを統計的に解析し、南北両半球における極冠パッチ発生頻度の年変化、季節変化、および発生頻度空間分布の惑星感空間磁場 (IMF) に対する依存性を明らかにすることを目的とする。

本研究で考案したピーク検出アルゴリズムを用いて、CHAMP 衛星の電子密度観測データから、ポーラーパッチが出現したと思われる時間の背景の電子密度と、局所的に電子密度の増大しているピーク点の自動抽出を行い、パッチのイベントリストを作成した。この結果、20986 例のパッチを抽出することができた。次いで、作成したイベントリストからパッチの観測頻度、パッチ中心部と背景の電子密度の比の年変化、季節変化の統計解析を行った。その結果、パッチの出現頻度や、内部の電子密度は、太陽活動に対する強い依存性があることが確認できた。また、パッチの出現頻度には明確な UT 依存性があることも分かった。これは、地理極と磁気極にオフセットがあることによって、パッチのソースである昼側日照プラズマと極域対流の相対的位置関係が UT によって変化するために現れていると考えられる。これらに加え、南半球では北半球と比べて極冠パッチの出現頻度は約半分程度であることも明らかになった。これは、上述の地理極と磁気極のオフセットが南北半球で異なることによるものと考えている。パッチを検出したときの CHAMP 衛星の位置と IMF B_y 成分の間の関連性を調べたところ、北半球で見られるパッチは、IMF B_y 成分が正の場合は夕方側に、負の場合は朝側にパッチの出現頻度が明らかな偏りを見せることが分かった。これは、IMF B_y の符号に依存して、極域電離圏対流のパターンが非対称になることに密接に関連している。また、このパッチの発生頻度空間分布の IMF B_y

に対する依存性は、南半球では真逆のセンスになることも明らかになった。発表では、これらの統計解析結果、特に南北半球間のパッチの特性に見られる非対称性を考察することで、パッチの生成および極冠への輸送が、どのような物理過程に起因しているのかを議論する。