

LF 帯標準電波を用いた 2024 年 5 月 11 日に発生した X5.89 クラス太陽フレア発生時における D 領域電離圏振動

#久保田 朱音¹, 大矢 浩代¹, 土屋 史紀², 中田 裕之¹

¹ 千葉大, ² 東北大・理・惑星プラズマ大気

Oscillation in the D-region ionosphere during a X5.89 class solar flare of 11 May, 2024 using LF transmitter signals

#Akane Kubota¹, Hiroyo Ohya¹, Fuminori Tsuchiya², Hiroyuki Nakata¹

¹Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, ²Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University

When solar flares occur, X-rays increase and then electron density in the ionosphere (60-1000 km altitude) increases. This can cause problems with satellite attitude control, satellite communication problems, and reduced GPS positioning accuracy. To validate these effects, it is necessary to more accurately quantify the increase in ionospheric plasma density caused by solar flares, although this has not yet been precisely clarified. Previous studies for VLF (very low frequency, 3-30 kHz)/LF (low frequency, 30-300 kHz) transmitter waves have shown that the amount of reflected height decrease in the D-region ionosphere tends to differ with respect to the solar zenith angle at the midpoint of the path depending on the class of solar flares, and that electron density variation due to solar flares is estimated to be smaller for north-south and east-to-west propagation (Nakayama et al., 2024). Thus, the response of the D-region ionosphere to solar flares remains unclear. In this study, we investigate the D-region ionospheric variations using the LF transmitter signals for a solar flare of the X5.89- class that occurred at 01:10 UT on May 11, 2024 and was the largest solar flare among the consecutive solar flares that occurred in May 2024. The LF transmitter signals used in this study were OCTAVE/AVON data operated by this research group in the Asian region. The LF waves were transmitted from JJY60 (60.0 kHz) in Japan and BPC (68.5 kHz) in China, and received at Pontianak (PTK) in Indonesia. During the X5.89- class solar flares, the LF phases oscillated, which was rare phenomenon. Normally, when a solar flare occurs, the time variation is similar to that of the X-ray flux, although a periodic variations in LF phases were observed during the flare. Based on wavelet analysis of these oscillations, the periods were 549 s for the phase of the JJY60-PTK path and 349 s for the phase of the BPC-PTK path, respectively. The geomagnetic data observed at Kakioka and Kagoshima at this time were compared, although no relationship was found. In this session, detailed results will be reported.

太陽フレアが発生すると、X線が増加し、電離圏（高度 60-1000 km）の電子密度が増加する。これは人工衛星の姿勢制御等のトラブルや衛星通信障害、GPS 測位精度低下などの要因となる。これらの影響をより適切に評価するため、太陽フレアによって引き起こされる電離圏のプラズマ密度の増加をより正確に定量化する必要があるが、まだ正確には明らかになっていない。先行研究では、太陽フレアの規模により、VLF (very low frequency, 3-30 kHz)/LF (low frequency, 30-300 kHz) 帯標準電波の電離圏での反射高度低下量はパスの中点の太陽天頂角に対して異なる傾向が見られることや、南北伝搬や東→西伝搬の場合、太陽フレアによる電子密度変動量が少なく推定されることが報告されている。(Nakayama et al., 2024) このように、太陽フレアに対する D 領域電離圏の応答が明らかになっていない。そこで本研究では、2024 年 5 月 11 日 01:10 UT に発生し、連続発生した太陽フレアの中でも最大規模となる X5.89 クラスの太陽フレアについて LF 帯標準電波を用いて D 領域電離圏変動を調べた。本研究で使用した LF 帯標準電波はアジア域で本研究グループが運用している OCTAVE/AVON 観測ネットワークで運用されているものである。日本に位置する JJY60 (60.0 kHz) および中国に位置する BPC (68.5 kHz) から送信し、インドネシアのポンティアナにある PTK で受信された標準電波データを用いた。その結果、X5.89 クラスの太陽フレア時に、通常の変化と異なる位相の振動が見られた。通常は太陽フレアが発生すると、X線フラックスと同様の時間変化をするが、今回観測した結果では、フレア発生後に周期的な変動が見られた。この変動をウェーブレット解析した結果、JJY60-PTK パスの位相では 549 s、BPC-PTK パスの位相では 349 s の周期であることが分かった。この時の柿岡と鹿児島で観測された地磁気データと比較したが関連性は見られなかった。セッションでは、詳細な結果を報告する。