

R010-13

Zoom meeting C : 11/4 AM1 (9:00-10:30)

9:15~9:30

太陽フレア X線・EUV・ライマン α 線放射とデリンジャー現象の関係

#北島 慎之典¹⁾, 渡邊 恭子¹⁾, 西本 将平¹⁾, 荒尾 宗睦¹⁾, 埜 千尋²⁾, 西岡 未知²⁾

¹⁾ 防衛大,²⁾ 情報通信研究機構

Relationship between solar flare X-ray, EUV and Lyman-alpha emissions and the Dellinger phenomenon

#Shinnosuke Kitajima¹⁾, Kyoko Watanabe¹⁾, Shohei Nishimoto¹⁾, Munechika Arai¹⁾, Chihiro Tao²⁾, Michi Nishioka²⁾

¹⁾NDA,²⁾NICT

It is well known that the rapid increase in solar flare emissions ionizes atoms and molecules in the Earth's atmosphere, increases the electron density in the ionosphere, and causes space weather phenomena such as radio wave communication failures (e.g., Woods et al., 2000). In particular, X-rays (0.1-10 nm) and Extreme Ultraviolet (EUV, 10-120 nm) emissions are thought to mainly affect electron density fluctuations in the ionosphere. However, Lyman-alpha (121.6 nm) is also considered to be one of the wavelengths affecting the lower ionosphere (e.g., Nicolet and Aikin, 1960). The communication failure caused by the increase in electron density in the ionosphere D region (60-90 km) is called the Dellinger phenomenon (Dellinger 1937).

The occurrence of the Dellinger phenomenon can be known from the minimum reflection frequency (f_{min}) value observed by the vertical incident ionosonde. It has been reported that the f_{min} value increases when the Dellinger phenomenon occurs from statistical studies. And the f_{min} value fluctuation depends mainly on the peak X-ray intensity of flare (flare class) and the solar zenith angle (e.g., Tao et al., 2020). However, since there are several observations in which the f_{min} value is not proportional to the flare class, the relationship between flare emission spectra and the electron density in the ionosphere D region is not clearly understood.

In this study, we compared flare emissions (X-rays, EUVs and Lyman-alpha) observed by the Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) /X-ray Sensor (XRS), Extreme Ultraviolet Sensors (EUVS), the Solar and Heliospheric Observatory (SOHO)/Solar EUV Monitor (SEM) and the Solar Dynamics Observatory (SDO)/ EUV Variability Experiment (EVE) with the f_{min} values observed by the ionosonde operated by the National Institute of Information and Communications Technology (NICT) at Wakkanai, Kokubunji, Yamakawa and Okinawa. We studied 38 flare events which were larger than M3-class occurred during the daytime (9:00-18:00 JST and solar zenith angle <80 rad) between 2011 and 2014. First, we compared the f_{min} values with the GOES/XRS, EUVS and SOHO/SEM data. We found good correlation with shorter wavelength flare emission. However, Lyman-alpha emission did not contribute to the increase of f_{min} . These results suggest that (especially shorter) X-ray emission may be effective in the occurrence of the Dellinger phenomenon. Then next, to identify the flare emission wavelengths that mainly affect the increase in f_{min} values, we compared the variation of f_{min} values with the EUV spectra using the SDO/EVE data. In this presentation, we will report on these results in detail.

太陽フレア放射により地球大気中の原子・分子が電離し、電離圏の電子密度が増大することにより、電波通信障害などの宇宙天気現象が発生することが知られている (Woods et al., 2000 など)。特に、X線 (0.1-10 nm) と極端紫外線 (EUV, 10-120 nm) 放射が電離圏の電子密度変動に主に影響していると考えられているが、ライマン α (121.6 nm) も影響しているという報告がある (Nicolet and Aikin, 1960 など)。電離層 D 領域 (60-90 km) の電子密度上昇に起因する通信障害はデリンジャー現象 (Dellinger 1937) と呼ばれている。

デリンジャー現象の有無は、イオノゾンデで観測される最小反射周波数 (f_{min}) の値で知ることができる。デリンジャー現象が発生すると f_{min} 値が上昇し、その変動量は主にフレアの X 線ピーク放射強度と太陽天頂角に依存することが報告されている (Tao et al., 2020 など)。しかし、 f_{min} 値とフレアの規模が比例していない観測例も多数あることから、フレア放射スペクトルと電離圏 D 領域における電子密度の増大との関係は明確には分かっていない。

そこで、GOES/XRS, EUVS, SOHO/SEM 及び SDO/EVE などの機器で観測された太陽フレア時の X 線・EUV・ライマン α 線データと、情報通信研究機構が運用しているイオノゾンデ (稚内・国分寺・山川・沖縄) で観測された f_{min} 値との比較を行なった。調査対象は 2011 年から 2014 年の間に日本の昼間 (日本時間 9:00-18:00 かつ天頂角 <80°) に発生した M3 クラス以上のフレアとした。まず、GOES/XRS, EUVS, SOHO/SEM のデータと f_{min} 値を比較したところ、 f_{min} 値の増大には X 線放射のうち短波長の放射の影響が大きいことがわかった。一方、ライマン α 線は f_{min} 値の増大には寄与していないことが分かった。これより、デリンジャー現象の発生には短波長の X 線放射が効いていると考えられる。次に、 f_{min} 値の増大に主に影響している太陽フレア放射の波長を特定するため、SDO/EVE のデータを用いて、 f_{min} 値の変動量と EUV 放射強度スペクトルとの比較を行なった。今回の発表では、これらの解析結果について報告する。