

太陽フレア時における Ly α と Ly β 放射の関係

#大窪 遼介¹⁾, 渡邊 恭子¹⁾, 北島 慎之典¹⁾

¹⁾ 防衛大

Relationship between Ly α and Ly β emissions during solar flares

#Ryosuke Okubo¹⁾, Kyoko Watanabe¹⁾, Shinnosuke Kitajima¹⁾

¹⁾ National Defense Academy of Japan

Electromagnetic radiations of various wavelengths are emitted during solar flare events and are known to have a significant impact on space weather. Lyman- α (Ly α , 121.6 nm) is ultraviolet emission from the chromosphere and transition region, is the strongest emission in VUV region even in radiation from the quiet Sun and is said to contribute to the formation of the Earth's ionosphere. However, Lyman- β (Ly β , 102.6 nm) has a shorter wavelength than Ly α , so Ly β is considered to have a greater impact on the Earth than Ly α , and this is also same during solar flares.

Lemaire et al. (2012) investigated the relationship between Ly α and Ly β irradiance in solar cycle variations. From this previous study, it was found that the Ly α /Ly β irradiance ratio varies from solar maximum to minimum and that it fluctuates periodically. However, the relationship between Ly α and Ly β radiation during solar flares have not been discussed or studied. In this study, we investigate the relationship between Ly α and Ly β emissions during solar flares and their effects on the Earth's upper atmosphere.

In this study, we used Ly β data from SDO/EVE, which can observe ultraviolet radiation from the entire solar surface with high wavelength resolution, and data from GOES/EUVS-E, which regularly observes Ly α . First, the relationship between Ly α and Ly β emission was investigated using data from M-class or larger flares that occurred from February 2010 to 2014, when these instruments were observing simultaneously.

The temporal variation of Ly α and Ly β emissions during solar flares are similar in most cases. The increase in Ly α irradiance is about 10%, consistent with previous observations (e.g. Dominique et al., 2018). The Ly α /Ly β irradiance ratio during flare showed a tendency for the Ly α /Ly β ratio to decrease as the Ly α emission increased. This indicates that Ly β emission has a higher increase rate than Ly α emission. In fact, the increase rate in emission was less than 10% for Ly α and about 20% for Ly β .

On the other hand, there were a few flare events in which the light curves of Ly α and Ly β irradiance was not consistent. In these events, the flare duration was relatively long, and the peak time of soft X-ray and Ly α emission sometimes deviated by more than 10 minutes. It is possible that the Ly α /Ly β ratio may have changed during the flare in events with longer flare emission durations.

In this presentation, we will report on the details of the variability of Ly α and Ly β emissions in solar flares, compare them with data from ionosonde observations of the Earth's ionosphere, and discuss the impact of Lyman series radiation from the Sun on the Earth's ionosphere.

太陽フレア発生時には様々な波長の電磁波が放射され、宇宙天気には大きな影響を与えることが知られている。ライマン α 線 (Ly α 、波長：121.6 nm) は太陽の彩層・遷移層から放射される紫外線であり、静穏太陽からの放射においても強い放射線で、地球電離圏の形成にも寄与していると言われている。しかし、ライマン β 線 (Ly β 、波長：102.6 nm) 放射の方が波長が短いため、Ly α よりも Ly β の方が地球に大きな影響があると考えられ、これは太陽フレア時においても同様である。

Lemaire et al. (2012) では太陽活動周期変動における Ly α と Ly β 放射の関係が調べられていた。この先行研究より、Ly α /Ly β 放射照度比は極大期から極小期で値が異なり、周期的に変動することが分かった。しかし、太陽フレア時における Ly α と Ly β 放射の関係については知られていない。そこで本研究では、太陽フレア時における Ly α 及び Ly β 放射の関係、及びこれらの放射が地球上層大気に及ぼす影響について調べた。

本研究では、太陽全面からの紫外線放射を高い波長分解能で観測できる SDO/EVE の Ly β のデータと、Ly α を定期的に観測している GOES/EUVS-E のデータを用いた。まず、これらの装置が同時に観測を行っていた 2010 年 2 月から 2014 年 5 月に発生した M クラス以上のフレアの観測データを用いて Ly α と Ly β 放射の関係を調べた。

太陽フレア時において Ly α と Ly β の放射照度の時間変動は、ほとんどの場合同様であった。また、Ly α 放射照度の増加率は 10% 程度であり、これまでの観測とも一致していた (Dominique et al., 2018)。フレア時の Ly α /Ly β 放射照度比を調べたところ、Ly α 放射が大きくなると Ly α /Ly β 比が小さくなる傾向が見られた。これは Ly β 放射の方が Ly α 放射よりも増加率が高いことを示している。実際、放射の増加率は Ly α が 10% 以下で、Ly β は 20% 程度であった。

一方、Ly α と Ly β の放射照度の時間変動が一致していないイベントも数例見られた。これらのイベントではフレアの継続時間が比較的長く、軟 X 線強度ピーク時間と Ly α 放射のピーク時間が 10 分以上ずれていた。フレア放射の継続時間が長いイベントでは、フレア中に Ly α /Ly β 比が変化している可能性が考えられる。

今回の発表では、太陽フレアにおける Ly α と Ly β 放射の変動の詳細について報告するとともに、イオノゾンデに

よる地球電離圏の観測データと比較し、太陽からのライマン系列の放射が地球電離圏に及ぼす影響についても議論する。