

## 宇宙天氣的な観点から見た太陽フレア発生機構の研究：活動領域 NOAA 11158 における M6.6 クラスフレア

# 鳥海 森 [1]; 草野 完也 [2]  
[1] 東大・理・地球惑星; [2] 名大 S T E 研

### Triggering Mechanism of Solar Flares from the Viewpoint of Space Weather: M6.6-class Flare in NOAA AR 11158

# Shin Toriumi[1]; Kanya Kusano[2]  
[1] Department of Earth and Planetary Science, Univ. Tokyo; [2] STEL, Nagoya Univ.

Solar flare is the catastrophic eruption produced around the solar active regions, which extensively affects the space including Earth's magnetosphere. Many studies have been carried out on this issue and the flare forecast is one of the ultimate goals in space weather study. In this study, we investigate the triggering mechanism of M6.6-class flare of active region (AR) NOAA 11158, using observational data obtained by multiple spacecrafts and the results of MHD numerical simulations.

NOAA AR 11158 is a flare-productive region that appeared in the southern hemisphere in February 2011 and produced the first X-class flare of Solar Cycle 24. Aiming to clarify the flare-triggering mechanism, we analyzed this region, focusing on the M6.6 flare that occurred on February 13, 2011, with the CME.

We analyzed the observational data by Hinode and SDO and found that AR 11158 was a quadrupolar region with the size of up to 150,000 km, composed of two major bipoles, and the series of flares took place on the highly sheared polarity inversion line (PIL) in the middle of this region. As for the M6.6-class flare, it was also found that a localized magnetic structure of the size of 5000 km, which caused the flare reconnection, was built 4-5 hours before the M6.6 event occurred. Moreover, this localized structure was also created from much smaller magnetic elements of the size of 1000 km. The shear angle of the large-scale magnetic structure around the PIL was measured to be about 80 degree, while the localized flare-trigger had an azimuth angle of 270-300 degree. These values were consistent with the Reversed Shear (RS) type of the flare models based on the MHD simulations in Kusano et al. (2012, ApJ). Therefore, we concluded that the triggering mechanism of the M6.6 flare was due to the RS structure created by the localized flare trigger of the temporal scale of hours and the spatial scale of 1000 km in the course of the large-scale formation of this AR with a time scale of days and the size scale of 150,000 km.

This study offers valuable insight for the space weather study, namely, (1) in the flare-triggering process within solar active regions, various magnetic systems on multiple scales, ranging from the large-scale AR evolution to the fine-scale magnetic elements, are jointly involved and, therefore, (2) for the flare forecast in the future, we have to deal with the behavior of smaller-scale magnetic elements with the temporal scale of only a few hours and the size scale of 1000 km.

In the presentation, we will show and discuss the results from the viewpoint of space weather. We will also introduce our on-going simulation and helioseismic study on the formation of solar active regions.

(Figure: M6.6-class flare observed with Hinode/SOT. (a) Ca intensity map and (b) line-of-sight magnetic field.)

太陽フレアは太陽活動領域の近傍で生じる巨大な爆発現象であり、地球磁気圏を含む宇宙空間に広く擾乱を及ぼすため、その発生機構について多彩な研究が行われ、究極的には発生予測が望まれている。本研究では、活動領域 NOAA 11158 に生じた M6.6 クラスフレアを対象に、太陽観測衛星による観測データ解析や MHD 数値シミュレーションを通じてフレア発生機構の研究を行った。

活動領域 NOAA 11158 は 2011 年 2 月に太陽の南半球に出現した活動領域であり、第 24 活動周期初となる X クラスフレアを含む多くのフレアを生じた、非常に活発な領域である。本研究では、フレア発生機構の解明を目的とし、2011 年 2 月 13 日に CME を伴って発生した M6.6 クラスフレアに着目して研究を行った。

ひので衛星や SDO 衛星による観測データの解析から、最大約 15 万 km に達するこの活動領域は 2 つの双極磁場によって構成される四重極型領域であり、一連のフレアは活動領域の中心に存在する強くシアした磁気中性線において発生したことが分かった。特に、活動領域の出現から 5 日目に生じた M6.6 フレアについては、フレアリコネクションを誘発する約 5000 km サイズの局所磁場構造が、フレア発生 4-5 時間前から形成されていることが分かった。さらに、この局所磁場は 1000 km 程度の微細な磁気要素が集合して形成されていることも明らかになった。磁気中性線の周辺において大局磁場構造のシア角は約 80 度であり、フレアトリガとなる局所磁場の方位角は 270-300 度であった。これらの値は、Kusano et al. (2012, ApJ) の MHD シミュレーションによるフレアモデルのうち、逆シア型と呼ばれるモデルに一致していた。したがって、M6.6 フレアの発生機構については、数日・数 10 万 km スケールに及ぶ大規模な活動領域形成と、数時間・数 1000 km スケールの小規模トリガ磁場である逆シア型磁場配位の形成、双方の結果としてフレアが生じた結論づけられる。

本研究は宇宙天気の観点から重要な示唆を含んでいる。すなわち、(1) 活動領域に生じるフレア現象には活動領域全体の形成から微細な磁場構造まで幅広い時間・空間スケールの磁気システム全てが関与していること、そのため、(2) 将来のフレア予測のためには数時間・数 1000km スケールの小規模磁場について挙動を解明する必要があること、が挙げられる。

発表では観測結果を紹介し、宇宙天気の観点から議論を行う。また、発表者を含む我々のチームが現在遂行している

活動領域形成シミュレーションや日震学的研究についても紹介を行う。

(図:「ひので」衛星の可視光望遠鏡によって観測した NOAA AR 11158 における M6.6 クラスフレアの様子。(a) カルシウム画像、(b) 視線磁場強度。)

