

横須賀太陽電波強度偏波計による太陽マイクロ波観測

#渡邊 恭子¹⁾, 下条 圭美²⁾, 岩井 一正³⁾, 増田 智³⁾

⁽¹⁾ 防衛大, ⁽²⁾ 国立天文台, ⁽³⁾ 名大 ISEE

Solar Microwave Observations with the Yokosuka Radio Polarimeter (YoRP)

#Kyoko Watanabe¹⁾, Masumi Shimojo²⁾, Kazumasa Iwai³⁾, Satoshi Masuda³⁾

⁽¹⁾National Defense Academy of Japan, ⁽²⁾National Astronomical Observatory of Japan, ⁽³⁾Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

X-ray (0.1-10 nm) and extreme ultraviolet (EUV: 10-124 nm) emissions from the Sun ionize atoms and molecules in the Earth's upper atmosphere and contribute to the formation of the ionosphere. The ionosphere is used for satellite and terrestrial communications. Since the ionospheric environment fluctuates with the 11-year solar cycle and sudden space weather phenomena such as solar flares, it is necessary to monitor and predict the ionospheric environment to keep a stable communication environment.

Observations of solar X-rays and EUV emissions, which have a large impact on the ionosphere, are limited to the period of satellite operation. On the other hand, microwave emissions from the Sun can be observed on the ground. It is known that there is a good correlation between solar microwaves and solar EUV emissions, and microwave at 2.8 GHz (F10.7) have traditionally been used as proxies for EUV emission when estimating the impact of solar emissions on the Earth's upper atmosphere, including the ionosphere. Recently, however, it has become clear that F10.7 alone cannot explain the actual affect to the Earth's upper atmosphere, because the variation of the EUV spectrum varies with wavelength. For this reason, studies such as Zhang & Paxton (2018) have recently been conducted to reproduce solar EUV radiation from multiple frequencies of radio observation data using machine learning.

Therefore, we have also studied the reproduction of variations in the EUV emission spectrum due to solar cycles and solar flares by machine learning methods using multi-frequency microwave observation data from the Nobeyama Radio Polarimeters (NoRP). The variation of the EUV emission spectrum due to solar cycles is successfully reproduced by a machine-learning model. The frequencies of microwaves contributing to the reproduction of EUV spectrum is also investigated, and it is found that low-frequency radio waves such as 1 GHz and 2 GHz contributed significantly to the reproduction of EUV spectra. On the other hand, for the EUV emission spectrum during solar flares, the SDO/EVE observation data are used to reproduce the total amount of EUV emissions at each wavelength for each flare event. During flares, good correlations are found between the EUV spectra and microwave emissions at higher frequencies, such as 17 GHz and 35 GHz.

Thus, radio emission data over a wide range of frequencies are needed to understand space weather conditions. In Japan, radio emissions have been observed in Toyokawa and Nobeyama for more than 70 years, but the observed frequencies are limited to seven: 1, 2, 3.75, 9.4, 17, 35 and 80 GHz. A new solar radio observation system to obtain the dynamic spectrum of microwave including these frequencies has now been installed at the National Defense Academy of Japan. In this presentation, we introduce the Yokosuka Radio Polarimeter (YoRP) and reports on the latest data acquisition status.

太陽からの X 線 (0.1-10 nm) と極紫外線 (EUV: 10-124 nm) 放射は、地球上層大気中の原子や分子を電離することで、電離圏の形成に寄与している。電離圏は衛星通信や地上の通信に使用されているが、電離圏の環境は太陽の 11 年周期や太陽フレアなどの突発的な現象によっても変動するため、安定した通信環境を確保するためには、電離圏環境を監視・予測することが必要である。

電離圏への影響の大きい太陽 X 線・EUV 放射の観測は、人工衛星の運用期間に限られている。一方、太陽からの放射のうち電波は地上で観測できる。太陽電波と太陽 EUV 放射は相関が良いことが知られており、これまで電離圏を含む地球圏環境への太陽放射の影響を見積もる際には F10.7 という 2.8 GHz の電波が EUV 放射のプロキシとして用いられてきた。しかし近年、EUV 放射スペクトルの変動は波長によって異なるため、F10.7 だけでは実際に地球圏環境に影響している放射を説明できないことが分かってきた。そのため最近では、Zhang & Paxton (2018) のような機械学習を用いて複数周波数の電波観測データから太陽 EUV 放射の再現を行う研究がされている。

そこで我々もこれまでに、野辺山強度偏波計による複数周波数のマイクロ波観測データを用いて、太陽活動周期と太陽フレアによる EUV 放射スペクトルの変動を機械学習の手法により再現する研究を行った。太陽活動周期変動による EUV 放射スペクトルの変動については、TIMED/SEE で観測された EUV 放射スペクトルを機械学習で作成したモデルで概ね再現することに成功した。またこの時、どの周波数のマイクロ波が EUV 放射の再現に寄与しているかについて調べたところ、1 GHz や 2 GHz といった低い周波数の電波が EUV 放射の再現に大きく寄与していることが分かった。一方、太陽フレア時の EUV 放射スペクトルについては、SDO/EVE の観測データを使用して、フレアイベントごとの各波長の EUV 放射量の総量の再現を行った。(太陽フレアの観測イベント数は機械学習の手法を適応するのに十分ではなかったため、機械学習モデルの作成は短い波長の EUV 放射に限られた。) フレア時においては、17 GHz や 35 GHz といった高い周波数のマイクロ波放射と EUV 放射スペクトルとの良い相関が確認された。

このように、宇宙天気状況把握のために必要とされる電波のデータは幅広い周波数にわたっている。日本では、豊川・

野辺山において、70年以上にわたる電波放射の観測が現在まで継続されているが、観測周波数は1, 2, 3.75, 9.4, 17, 35, 80 GHzと7周波数に限られている。これらの電波放射についてこれからも継続的な観測を行うだけでなく、これらの周波数を含む電波放射のダイナミックスペクトルを取得する電波観測装置を本校内（横須賀）に設置した。今回は横須賀太陽電波強度偏波計の紹介とともに、最新データの取得状況について報告する。