

# 太陽活動極大期におけるフォーブッシュ減少の観測

秋田高等学校理数科宇宙線班:

池本 泰斗、竹村 心那、目黒 ことみ、渡部 夏子(高2)【秋田県立秋田高等学校】

## 要旨

本研究では、簡易宇宙線検出器CosmicWatchを用いて、秋田・仙台・東京の3地点で宇宙線を同時観測し、計測環境の異なる地点間で同様の変化が観測できるかを検証した。また、2024年に同様の検出器を1台のみ用いて計測した秋田での観測データも利用した結果、Mクラスの太陽フレア発生時に計測データ上では宇宙線検出数の明瞭な減少は確認されなかったが、Xクラスの太陽フレア発生時に宇宙線検出数の有意な減少が確認された。このことからXクラスの太陽フレアに伴うコロナ質量放出によってフォーブッシュ減少が発生すると推察された。

## 1. はじめに

地球に飛来する高エネルギー粒子である銀河宇宙線は太陽活動の影響に作用される。フォーブッシュ減少(Forbush Decrease、以下FD)は特に太陽フレアやコロナ質量放出(Coronal Mass Ejection、以下CME)の発生に伴う磁場の乱れが障壁となり、地球に到達する宇宙線量が一時的に減少する現象である<sup>1)</sup>。2025年は太陽活動が「極大期」を迎え<sup>2)</sup>、大規模な太陽フレアやそれに伴うFDが発生する可能性が高いと判断した。また、先行研究<sup>3)</sup>でも複数地点での簡易検出器で同時にその現象を捉え、比較検証した例は少ない。本研究では、計測環境の異なる複数地点のデータを比較し、太陽フレアの規模を表すX線強度と、宇宙線量の相関関係を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験方法

CosmicWatchを3地点に設置し、2025年6月21日から12月9日の計測期間において24時間連続で宇宙線到来数を計測した。また、データ数の確保のため2024年1月1日から12月31日での秋田のデータを利用した。得たデータはPythonを用いて1時間ごとの解析を行った。太陽活動の指標にはX線強度のデータ<sup>4)</sup>を使用した。CosmicWatchでは環境放射線がノイズとなるため、いずれの地点でも2台の検出器を上下に配置し、垂直方向からの放射線のみを検出するCoincidence法を採用した。また、FDは宇宙線量の相対的減少現象であるため、宇宙線検出数の絶対値ではなく、その時間変化に着目した。

## 3. 結果と考察

太陽フレアのクラスは強い順にX、M、C、B、Aに分類され、本研究では、Mクラス( $10^{-5} \sim 10^{-4} \text{ W/m}^2$ )とXクラス( $10^{-4} \text{ W/m}^2$ 以上)の太陽フレア発生時の検出数を使用した。この予稿では、Mクラスのものとして図1に2025年10月9日の仙台、Xクラスのものとして図2に2025年12月1日の秋田の観測結果を示す。太陽フレアと宇宙線検出数変化の比較のため、上段に原因(太陽フレアのX線)、下段に結果(宇宙線数)を配置し、時間軸を協定世界時(UTC)にそろえることで、両者の相関関係を比較しやすくした。図1、図2の枠で囲んだ部分が太陽フレア発生時のデータである。

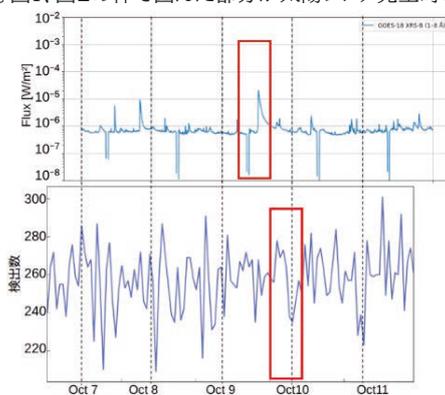


図1 X線強度(上)、仙台における検出数(下)の経時変化

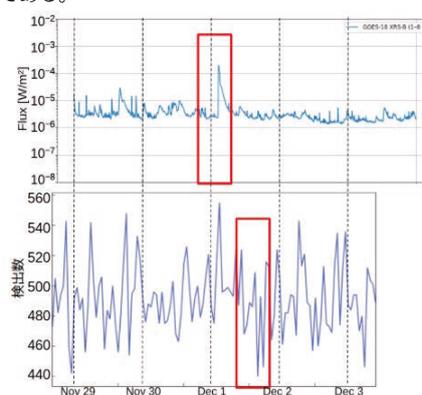


図2 X線強度(上)、秋田における検出数(下)の経時変化

本研究では、先行研究<sup>3)</sup>で示されたような、太陽フレア発生後約1日を遅れて現れ、数時間以上持続した宇宙線強度の減少が確認され、その後数日かけて回復する挙動をFDの判断基準とした。我々の観測では、Xクラスではこの基準を満たす変化が確認されたが、Mクラスでは減少の振幅が小さく、持続的な低下や回復過程は確認されなかった。3地点で同様の計測方法を用いたため研究環境の不備は考えにくく、他の複数の計測日でも類似した傾向が見られた。2024年に発生したXクラス太陽フレア39事例のうち、8事例においてFDが観測された。よって、X線強度がMクラス以下の太陽フレアに伴うCMEは比較的小規模であることが多く、それに起因するFDは振幅が小さいため、地上観測では検出が困難である一方、Xクラスの太陽フレアに伴うCMEではFDが顕著に観測される可能性が高いと考えられる。

## 4. 参考文献

- [1] Hilary V. Cane, CORONAL MASS EJECTIONS AND FORBUSH DECREASES, 『Space Science Reviews』, 93(2000), 55-77.
- [2] NASA, 「NOAA: Sun Reaches Maximum Phase in 11-Year Solar Cycle」, 2024 (2024年10月16日更新版)  
<https://science.nasa.gov/science-research/heliophysics/nasa-noaa-sun-reaches-maximum-phase-in-11-year-solar-cycle/>
- [3] 金野百合子・小林美登里・塚本葉月・牛田舞羽・倉科采佳・福岡菜々香・松永瑞紗・林忠誉・田中香津生, 2024年5月におけるフォーブッシュ現象効果の観測について、加速キッチン宇宙素粒子探求レポート, 2024年  
<https://accel-kitchen.com/cosmicray/> (2025年4月14日公開).
- [4] National Centers for Environmental Information (NCEI),  
[https://data.ngdc.noaa.gov/platforms/solar-space-observing-satellites/goes/goes18/12/data/xrsf-12-avg1m\\_science/](https://data.ngdc.noaa.gov/platforms/solar-space-observing-satellites/goes/goes18/12/data/xrsf-12-avg1m_science/) (2026年1月15日最終閲覧).