

R010-06

B会場：11/27 AM2 (10:30-12:00)

10:45~11:00

説明可能な太陽高エネルギー粒子事象予測 AI モデルの高度化とその判断根拠の解析について

#藤田 菜穂¹⁾, 加藤 裕太^{1,2)}, 草野 完也²⁾, 光田 千紘^{1,2)}, 石原 康秀¹⁾

⁽¹⁾ 富士通株式会社, ⁽²⁾ 東海国立大学機構 名古屋大学 宇宙地球環境研究所

Enhancement of an Explainable AI Model for Solar Energetic Particle Event Prediction and Analysis of its Decision Rationale

#Naho Fujita¹⁾, Yuta Kato^{1,2)}, Kanya Kusano²⁾, Chihiro Mitsuda^{1,2)}, Yasuhide Ishihara¹⁾

⁽¹⁾Fujitsu Limited, ⁽²⁾Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

As human activities in space, such as the Artemis program, become increasingly ambitious, ensuring safety in the space environment is important. To address this, Fujitsu Ltd. and Tokai National Higher Education and Research System (THERS) entered into a comprehensive agreement in early 2023 to conduct joint research on space weather. A key focus of this research is Solar Energetic Particle (SEP) events, which are mostly triggered by solar flares (SFs) and coronal mass ejections (CMEs), and can pose risks to human health and space systems.

This study builds upon our previous work developing an explainable AI model for SEP event binary prediction. We utilize Wide Learning, a technology developed by Fujitsu, to perform multi-class classification of SFs. This model classifies SFs into three categories: those not associated with SEP events, those associated with SEP events below S2 threshold (based on NOAA scales, >10 MeV, ≥ 100 pfu), and those associated with SEP events above S2 threshold.

We enhanced our previous model by incorporating data from Solar Cycle 25, including approximately 20 new SEP events identified by July 2024. The dataset comprises 56 features derived from GOES/XRS X-ray data, SDO/HMI magnetic field data, and the κ -scheme flare prediction data (Kusano et al. 2020).

The strength of Wide Learning lies in its ability to not only predict but also provide insights into its decision-making process. The model automatically extracts categorical features and numerical patterns that are significantly associated with each prediction class. This allows us to analyze the specific conditions that differentiate flares associated with different SEP event severities.

This presentation will discuss these results of our model enhancement achieved by new data and expanding to a multi-class classification approach. We will also delve into the analysis of the decision rationale provided by the Wide Learning. This analysis provides valuable insights driving SEP event occurrence and severity, ultimately contributing to more reliable space weather forecasting and risk mitigation for future space exploration.

米国アルテミス計画を筆頭に、より活発化している月・火星・深宇宙空間への人類活動の進出を背景に、富士通株式会社と東海国立大学機構は、宇宙環境における安全確保を見据えた包括協定を2023年2月に締結し、共同研究を実施している。太陽高エネルギー粒子 (Solar Energetic Particle; SEP) イベントは、太陽フレアやコロナ質量放出といった太陽の突発現象に伴い発生し、人体への被ばくや宇宙システムへの障害といった影響を及ぼす、重要な研究対象である。

我々はこれまで、富士通の開発する説明可能 AI である Wide Learning を用いた分類タスクを、太陽活動第 24 周期における NOAA SWPC データベースの >10 MeV, ≥ 10 pfu を満たす SEP イベントに紐づいているフレアを正例、それ以外の GOES フレアカタログ記載のフレアについてを負例とする二値分類問題として実施し、その予測モデルを構築してきた。今回、2024 年 7 月までに掲載された、太陽活動第 25 周期における同様の条件を満たす SEP イベントに紐づいているフレア約 20 例を追加し、更に NOAA の S2 スケール以上 (>10 MeV, ≥ 100 pfu) を新たな予測クラスとして追加するマルチクラスの分類問題として実施することで、モデルの高度化に取り組んだため、その結果について議論する。特徴量に関しては、X 線や磁場に関する観測データおよび、 κ スキーム (Kusano et al. 2020) のフレア予測データから計 56 特徴量を作成した。

また、説明可能 AI である Wide Learning を用いた分類タスクでは、機械学習による予測結果だけでなく、学習したデータに含まれる各予測クラスに顕在的に現れる、カテゴリカルな特徴や特徴量の数値範囲のパターンを自動で抽出し、その予測に用いた判断根拠の条件として提示する。今回、① SEP イベントを伴わない、② S2 以下の SEP イベントを伴う、③ S2 以上の SEP イベントを伴う、の各予測クラスのフレアの条件について解析を行ったため、その結果について議論する。