

月での太陽放射線予測適用に向けた説明可能な AI による予測根拠の分析

#柳瀬 隆史¹⁾, 加藤 裕太^{1,2)}, 藤田 菜穂¹⁾, 永松 愛子³⁾, 草野 完也²⁾, 三好 由純²⁾, 光田 千紘^{1,2)}

(¹ 富士通株式会社 宇宙データフロンティア研究センター, (² 名古屋大学 宇宙地球環境研究所, (³ 宇宙航空研究機構 宇宙探査イノベーションハブ

Analysis of Prediction reasons using Explainable AI for the Application of Solar Radiation Prediction on the Moon

#Takashi Yanase¹⁾, Yuta Kato^{1,2)}, Naho Fujita¹⁾, Aiko Nagamatsu³⁾, Kanya Kusano²⁾, Yoshizumi Miyoshi²⁾, Chihiro Mitsuda^{1,2)}

(¹Space Data Frontiers Research Center, Fujitsu Limited, (²Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, (³Space Exploration Innovation Hub Center, Japan Aerospace Exploration Agency

We are advancing the development of solar radiation prediction technology for lunar and Martian exploration. This is a joint research project adopted under the "Moon to Mars Innovation" program, a research initiative promoted by the Space Exploration Innovation Hub Center, JAXA. Solar Energetic Particles (SEPs) are a type of space radiation that occurs with sudden solar phenomena such as solar flares (SFs) and coronal mass ejections (CMEs), propagating through space. They are known to affect human health and space systems not only around Earth but also in space, including the lunar surface. Therefore, SEPs are crucial prediction targets when considering activities on the lunar surface.

We have constructed a SEP event prediction model for the Moon using Wide Learning, an explainable AI developed by Fujitsu. This prediction model forecasts whether a SEP event will occur within a certain period from the prediction time as a binary classification task. Wide Learning is characterized by its ability to make highly accurate predictions even with small amounts of data, and its comprehensive discovery of combinations of categorical and numerical variable ranges that are characteristic of the phenomenon to be predicted. This allows us to explain the reasons for predicting the occurrence of SEP events.

In constructing the lunar SEP event prediction model, we used observational data from the Cosmic Ray Telescope for the Effects of Radiation (CRaTER) instrument aboard the Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO). The LRO orbits the Moon in a polar orbit at an altitude of 50 km, and CRaTER measures cosmic radiation, including SEPs. First, to clearly identify the flares associated with the target SEP events, we performed event detection and solar flare identification using LRO/CRaTER observational data from June 2010 to May 2025. Furthermore, we trained Wide Learning using 88 solar flares linked to detected SEP events as positive examples and other flares as negative examples, thereby constructing the SEP prediction model. In this presentation, we report on the analysis of important factors for SEP event prediction, derived from the prediction reasons for SEP event occurrences provided by the SEP prediction model.

我々は、JAXA 宇宙探査イノベーションハブが推進する研究制度 "Moon to Mars Innovation"に採択された共同研究で、月・火星探査に向けた太陽放射線事前予測技術の開発を推進している。太陽高エネルギー粒子(SEP)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、宇宙空間を伝搬する宇宙放射線の一種であり、地球周辺だけでなく月面なども含めた宇宙空間において人体や宇宙システムへ影響を及ぼすことが知られており、月面での活動を想定した場合には重要な予測対象である。

我々は、富士通が開発した説明可能な AI Wide Learning を用いた月での SEP イベント予測モデルを構築した。予測モデルでは、予測時点から一定時間以内に SEP イベントが発生するかどうかを二値分類問題として予測する。Wide Learning は、少量のデータからでも高精度な予測を行うことができることに加えて、予測したい事象に特徴的なカテゴリカル変数や数値変数の範囲を組み合わせとして網羅的に発見することが特徴である。これにより、SEP イベントが発生すると予測する根拠を説明することが可能となる。

今回、月での SEP イベント予測モデルを構築するにあたり、月周回衛星 LRO(Lunar Reconnaissance Orbiter) に搭載された観測機器 CRaTER (Cosmic Ray Telescope for the Effects of Radiation) による観測データを活用する。LRO は月面高度 50km の極軌道を周回しており、CRaTER では SEP などによる宇宙放射線を計測している。我々はまず、予測対象の SEP イベント発生時のフレアを明確にするため、2010 年 6 月から 2025 年 5 月までの LRO/CRaTER 観測データによるイベント検出および太陽フレア同定を行った。さらに、検出された SEP イベントに紐づけられた 88 件の太陽フレアを正例、他のフレアを負例として Wide Learning により学習を行い、SEP 予測モデルを構築した。本講演では、SEP 予測モデルに含まれる SEP イベントの発生予測根拠に基づく、SEP イベント予測に対する重要な因子の分析について報告する。