プレスリリース

慶應義塾大学

2025 年 9 月 17 日

報道関係者各位

慶應義塾大学

専門家を超える太陽フレア予測 AI を開発
－８年間分の太陽観測画像から学習した AI による予測を公開－

慶應義塾大学大学院理工学研究科の長嶋隼矢（修士課程 2 年）と、同大学理工学部情報工学科の杉浦孔明教授は、太陽フレア予測 AI「Deep Space Weather Model：深層宇宙天気予報モデル」を開発しました。この AI に約 8 年間分の太陽観測画像を学習させることで、専門家を超える精度と信頼性を達成し、その予測結果の公開を開始しました（https://keio-smilab25.github.io/DeepSWM/forecast）。

本 AI は、過去 672 時間（28 日間）にわたる太陽観測画像の長系列データから、独自の深層状態空間モデル（注 1）を用いて太陽フレアの発生を予測します。従来は専門家の知見に基づく計算が必要でしたが、本 AI は画像データのみから予測することを可能とし、太陽フレア予測の代表的な先行研究である「Deep Flare Net（注 2）」の性能を、約 21%上回りました。本研究成果は、コンピュータビジョン分野における難関国際会議である「ICCV 2025」で発表予定です。

1. 本研究のポイント

・太陽フレア由来の地磁気嵐の予想被害額は、5 年間で約 360 兆円と試算されています（英ロイズ保険組合による試算）
・24 時間以内に発生する太陽フレアを、精度と信頼性の両面で人間の専門家を超える性能で予測することに初めて成功しました
・従来の手法で必要だった専門家の知見に基づく計算を介さず、672 時間の太陽観測画像から AI が直接予測することを可能にしました

2. 研究背景

現在、太陽は約 11 年の周期で活動が最も活発になる「太陽極大期」を迎えており(注 3)、この期間は太陽フレアやそれに伴う通信障害、大規模停電などのリスクが世界的に高まるとされています。太陽表面で発生する爆発現象である太陽フレアは、GPS の測位誤差や通信障害、人工衛星の故障、大規模な停電などを引き起こす可能性がありますこのように私たちの社会生活に甚大な影響を及ぼす太陽フレアによる予想被害額は、5 年間で 2.4 兆ドル(約 360 兆円)に達するとも推定されており(注 4)、その発生を正確に予測することは、宇宙天気予報における喫緊の課題となっています。

実際に、専門家による予測情報は国際民間航空機関（ICAO）を通じて全世界の航空会社へ日常的に提供され、安全な航路計画に不可欠なものとなっています。しかし、太陽フレア発生のメカニズムは複雑であり、熟練した専門家による予測精度にも限界がありました。従来の AI による予測は主に黒点の形や磁場の強さといった特定の特徴を分析していましたが、太陽全体の画像が持つ情報の一部しか活用できず、予測精度が伸び悩むという課題がありました。

そこで本研究では、太陽の自転周期よりも長い 28 日間にわたる多波長観測画像全体の複雑な変化を捉え、予測性能を向上させる新たな AI の開発を行いました。

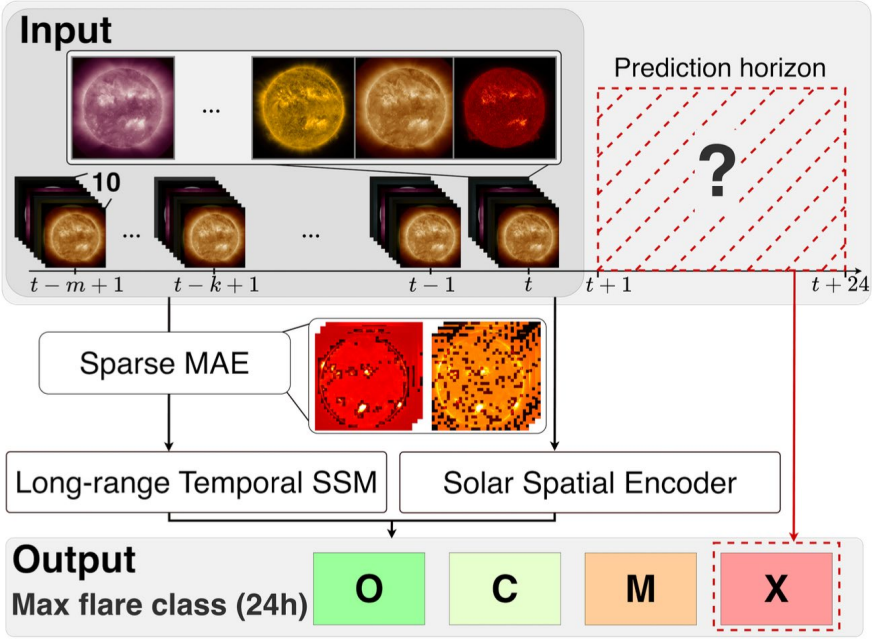

図 1：本研究が提案する太陽フレア予測の全体像。長期間の観測画像を Sparse MAE で圧縮し、その情報と直近の画像を基に 24 時間後までの最大フレアクラスを予測する。

3. 研究内容・成果

本研究では、深層状態空間モデルを応用し、太陽フレア予測の新たな AI モデル「Deep Space Weather Model」を開発しました。本 AI モデルの最大の特徴は、太陽の自転周期に匹敵する長期間の観測画像をそのまま扱う計算上の困難を、独自の圧縮技術(Sparse MAE)で解決した点です。以下では、その主要な要素について説明します。

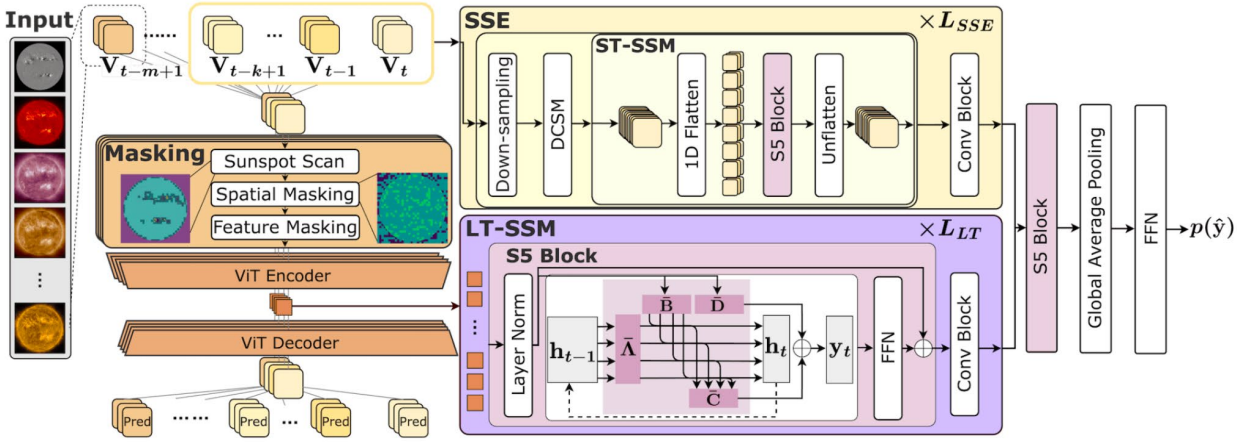

図 2：開発した予測モデル「Deep Space Weather Model」のアーキテクチャ図。空間特徴を捉える SSE（上段）と、圧縮された長期情報を扱う LT-SSM（下段）の 2 つの主要な要素で構成される。

(1) 重要な特徴の圧縮と事前学習 (Sparse MAE)

第一段階として、太陽フレア予測に重要となる黒点の長期間の変化を捉えるため、独自の事前学習モデル「Sparse MAE」を開発しました。このモデルは、28 日間（672 時間）という長期間の太陽

観測画像の中から、太陽フレア発生に関連する黒点などの重要な特徴だけを効率的に抽出し、予測に利用可能なコンパクトな情報へと圧縮します。

(2) 圧縮情報と直近の画像変化による高精度予測
第二段階として、事前学習で得られた「圧縮された長期的な特徴」と、「直近の観測画像」を、深層状態空間モデルを応用した独自の予測モデル(図 2)に入力します。メモリ効率を保ちながら長期的な活動の変化と短期的な突発現象の両方を考慮することで、今後 24 時間以内に発生する最大規模の太陽フレアの高精度に予測します。

(3) 大規模ベンチマーク「FlareBench」の構築
AI の性能を公正に評価するため、本研究では太陽活動の 1 周期(約 11 年)を完全に網羅する世界最大級の公開ベンチマーク「FlareBench」を独自に構築しました 。特定の時期の太陽活動に偏らないこのベンチマークを用いることで、AI モデルは多様な状況に対応する能力を学習でき、より信頼性の高い予測が可能となります。

(4) 性能評価：従来 AI および専門家との比較
モデルの性能評価は、本研究で独自に構築した世界最大級の公開ベンチマーク「FlareBench」を用いて行いました。その結果、代表的な先行研究である「Deep Flare Net」と比較して、予測の正確性を示す主要な指標（GMGS）で 21%、信頼性を示す指標(BSS)で 31%と、全ての指標で性能が大幅に上回ることを確認しました。また、人間の専門家と比較しても、正確性(GMGS)で 10%、信頼性(BSS)で 17%上回り、専門家を超える性能を実証しました。

4. 今後の展開

今後の展開として、継続的な太陽観測データの収集と AI の予測性能改善、他分野への水平展開を進める予定です。

＜用語説明＞
（注 1） 深層状態空間モデル：長系列データを効率的に扱うために開発された、新しい深層学習モデル。従来の AI モデルと比較して、非常に長い系列データの中に存在する複雑な依存関係を捉えることに優れています。

（注 2） Deep Flare Net (DeFN)：太陽フレア予測の分野における代表的な先行研究の一つ 。黒点の磁場情報など、専門家が物理的な知見に基づいて設計した特徴量を深層学習モデルに入力して予測を行う手法です。https://doi.org/10.3847/1538-4357/aab9a7

（注 3） 米国航空宇宙局（NASA） “NASA, NOAA: Sun Reaches Maximum Phase in 11-Year Solar Cycle” （2024 年 10 月 15 日発表）。NASA とアメリカ海洋大気庁（NOAA）が、太陽が活動のピークである「太陽極大期」に達したと共同で発表した声明です。

（注 4） ロイズ（Lloyd's） “Lloyd’s highlights risk of extreme space weather as latest scenario reveals potential global economic loss of $2.4trn” （2025 年 3 月 4 日発表）。英国の保険組合ロイズがケンブリッジ大学と共同で発表した、宇宙天気が地球に与える経済的影響に関するレポートです。

※ご取材の際には、事前に下記までご一報くださいますようお願い申し上げます。
※本リリースは文部科学記者会、科学記者会、各社科学部等に送信させていただいております。

・研究内容についてのお問い合わせ先
慶應義塾大学 理工学部 情報工学科　教授　杉浦 孔明（すぎうら こうめい）
TEL：045-566-1516　FAX：045-566-1516　E-mail：komei.sugiura@keio.jp

・本リリースの配信元

慶應義塾広報室　TEL：03-5427-1541　FAX：03-5441-7640
E-mail：m-pr@adst.keio.ac.jp　https://www.keio.ac.jp/