

M22a Physics-Informed Neural Networks による NLFFF 外挿手法の評価と応用展望

山下頌太, 平井晶登, 木村翔矢, 高橋仁 (富士通株式会社), 三好隆博 (広島大学), 草野完也 (名古屋大学), 藤田菜穂 (富士通株式会社), 加藤裕太, 光田千紘 (富士通株式会社, 名古屋大学)

富士通株式会社と名古屋大学宇宙地球環境研究所は、将来の深宇宙探査の安全確保等を見据え、2023年9月より共同研究を開始している。この取り組みの中で、太陽高エネルギー粒子 (SEP) 事象の予測を目指し、我々はAIおよび物理ベースの数値計算モデルの開発に着手してきている (2025年春季年会, M19a, 加藤ほか, 2025年秋季年会, M15a, Z122c, 加藤ほか)。我々はさらに、SEP事象に対する予測リードタイムの大幅な向上を目指し、その原因となる噴出現象 (太陽フレア・CME) について、最新鋭のAI技術の適用可能性の調査と検証を進めている。

太陽フレアはコロナ中の磁気リコネクションによる現象で、3次元磁場の安定性理論に基づく予測スキームが開発されている (Kusano et al. 2020)。コロナ磁場の直接観測は困難であり、近似解として Nonlinear force-free field (NLFFF) を求めるため、MHD 緩和法 (Inoue et al. 2014) などが用いられてきた。一方、近年では Physics Informed Neural Networks (PINNs) アーキテクチャによる NLFFF 解法 (Jarolim et al. 2023) が発表されている。

本発表では、2024年10月9日に X1.8 クラスフレアを引き起こし S3 スケールの SEP 事象等の源となった活動領域 NOAA13848 を対象とし、MHD 緩和法と PINNs を使って求めた NLFFF を定性的及び定量的に比較した結果について報告する。SDO/AIA による観測によって、フレア前にこの活動領域の黒点南部で見られたシグモイド構造がフレア発生後に消失したことが認められた。PINNs ではこのシグモイドに対応する捻じれた磁束管がフレア前に存在し、フレア後に消失することが再現された。一方、MHD 緩和法では対応する磁束管を再現することはできなかった。この結果は PINNs が従来法に対してより強力な NLFFF 計算法となり得ることを示唆している。