

M06a SEP イベント予報に向けた物理モデルの数理最適化: 2021年10月イベントの多点観測データへの適用

石川裕之, 藤田菜穂 (富士通株式会社), 加藤裕太 (富士通株式会社, 名古屋大学), 栗原明稀 (富士通株式会社, 東京大学), 箕島敬 (JAMSTEC), 塩田大幸 (NICT, 名古屋大学), 岩井一正, 草野完也 (名古屋大学), 光田千紘 (富士通株式会社, 名古屋大学)

太陽高エネルギー粒子 (SEP) イベントは、有人宇宙飛行や衛星などの宇宙インフラ、ひいては現代文明全体に深刻な影響を与えるため、早期かつ高精度な予測が不可欠である。しかし、SEP が地球近傍に到達するまでには複数の複雑な物理過程が絡む一方、モデルを十分に制約するには衛星観測が不足しており、これらの過程を正確かつ高速に再現する物理モデルはいまだ確立されていない。我々は、5つの衛星で観測された2021年10月9日のSEP イベントを対象に、CME 伝搬モデル (SUSANOO-CME)、衝撃波統計加速及び Focused Transport 方程式による粒子輸送モデルを結合し、複数探査機によるプロトンフラックスの同時再現を試みた。従来のモデルに比べ、主要パラメータ (注入効率 ϵ 、加速効率 ξ 、輸送平均自由行程 λ) を磁力線または経度ごとに分割することで、より精細な空間構造を表現した。さらに、進化戦略による数理最適化を導入し、多次元・広域のパラメータ空間を堅牢かつ効率的に探索した。その結果、目的関数 MAE においてグリッドサーチを凌駕する低誤差を達成した。物理的解釈に整合的なパラメータ重要度として、注入効率 ϵ の支配性を確認した。本枠組みは、正確性と計算効率を両立し、SEP 予測モデルの初期値設定の一般化に向けた重要な第一歩である。今後は複数イベントへの適用により、実運用に耐えるモデルの確立を目指す。