

Hisaki観測・数値シミュレーション・機械学習の融合による宇宙プラズマ現象理解につながる手法の研究開発

深沢圭一郎、京都大学・学術情報メディアセンター

本研究では、飛翔体宇宙プラズマ観測データとプラズマ数値シミュレーションを、機械学習によって統合的に解析することで、低空間次元・小観測数・単地点観測（=時空間変動分離が困難）という観測データを時空間拡張し、環境変動を抽出することを目的としている。究極的には、この時空間拡張されたデータを、数値シミュレーションと融合させることで、観測したい宇宙プラズマ現象がいつどこで起きるかを予測するモデルの構築を目指している。このモデル構築を達成するためには観測、数値シミュレーション、機械学習の専門家が研究に参加し、大規模な計算リソース、モデルの開発が必須であり、大型研究費獲得が必要となるため、本研究はその萌芽研究として実施している。

本年度は3年の研究期間の2年目であり、1年目に作成した磁気圏データから観測のジオメトリーに合わせたオーロラ画像を作成し、オーロラ画像が欠損した場合に復元できる学習モデルの学習データとして整備を行った。また、THEMIS 観測からオーロラ地上観測（ASI）結果を正解データ（オーロラが出ている）、不正解データ（曇りやオーロラが出ていない）に分類することで、学習に利用する訓練データとして整備した。さらにシミュレーションの極域オーロラ画像と同様の図を準備する必要があるため、同時刻のいくつかのASIをうまく磁気緯度に合わせて、極域にマッピングした図を作成し、学習データとして整備した。

いわゆる機械学習は様々な画像データを学習し、そこに現れる特徴を認識し、推定する。この際、特徴とはデジタルデータ上の何らかの集合（形状）であり、その集合が物理法則に従っているかは不明であるため、科学的に利用する場合には、この物理法則の担保が必要となる。本研究ではこの問題に対し、物理法則に従って、データを作成する数値シミュレーションのみで学習を行うことで、数値シミュレーションと同程度の物理的担保を実現することを目指している。1年目で実行したシミュレーションでは、THEMISによる観測キャンペーンが行われた期間の太陽風データを入力としたMHDシミュレーションを行った。長期間のシミュレーションを行うため、シミュレーションサイズは小さいが、1分間隔のデータを出力し、時間方向の解像度を高めている。本年度では、これを更に進めて、HISAKIの観測だけでなくJunoの観測結果に対応するために、Junoが観測をしているある特定期間の磁気圏シミュレーションを行った。Junoでは木星到着前に太陽風データも観測しており、この太陽風データを利用し、現実的な入力パラメータでのシミュレーションを行った。このシミュレーション結果と観測には、相関があることが分かり、観測結果の説明に利用できることを確認した。これらの成果はAGUにおいて報告されている。

本年度は申請可能な大型研究募集が無かったため、申請を見送ったが、本年度募集のあった科研費学術変革領域研究への申請に本研究の内容が一部含まれている。

成果発表

(Invited) Kimura et al., Recent updates on the Hisaki observations for Jupiter's magnetosphere and Io's atmosphere, AGU Fall Meeting 2019.

K. Fukazawa, T. Kimura, T. Tokunaga, S. Nakano, Application of Machine Learning to magnetospheric physics and preparation of training data for global magnetospheric configuration and physics, AGU Fall Meeting 2019.