

## 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1年目であり、学習に利用する訓練データを数値シミュレーションにより準備した。いわゆる一般で利用されてい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、物理法則に従っているかは不明であり、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。シミュレーションとしては、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た。現実の太陽風データを入力とすることで入力が大きく変化するため、数値シミュレーションが進まなく問題も起きたが、境界値の設定を変更することでその問題を回避できた。今後は、このシミュレーションデータからオーロラ画像を作成し、観測とジオメトリーを合わせ、機械学習の学習データとしていく。

また、観測データの拡張に向けて、THEMISのオーロラ地上観測画像を利用し、欠損させた画像の復元テストを行った。復元には、機械学習手法の1つであるGANというものを利用し、テスト画像（自然画像）により学習済みモデルを利用した。その結果、物理的正しさはまだ担保できないが、欠損部分がある程度再現できることを確認した。来年度は、シミュレーションからのオーロラ画像のみを学習する場合と、観測のみを学習する場合のモデルを作成し、その性能を評価する。

本年度は大型研究費としてJSTのCRESTに応募したが、不採択であった。来年度は申請書をブラッシュアップし、本年度の成果を含め、申請準備を行う。

成果発表

K. Fukazawa, T. Kimura, F. Tsuchiya, G. Murakami, H. Kita, C. Tao, K. T. Murata, "Database Development of Global Jovian Magnetospheric MHD Simulations for Collaboration with Observations", AOGS 15th Annual Meeting, Hawaii, 2018.

K. Fukazawa, T. Kimura, F. Tsuchiya, G. Murakami, H. Kita, C. Tao, T. Tokunaga, K. T. Murata, Open Numerical Simulation Data of Planetary Magnetosphere, AGU Fall Meeting 2018, Washington, D.C., 2018.