

再帰型ニューラルネットワークを用いた太陽風パラメータからのサブストーム規模の予測

河村 光次郎 [1]; 藤本 晶子 [2]; Ohtani Shinichi[3]; 徳永 旭将 [2]
[1] 九工大・情工; [2] 九工大; [3] なし

A prediction of substorm intensities from solar wind parameters based on a LSTM neural network

Kojiro Kawamura[1]; Akiko Fujimoto[2]; Shinichi Ohtani[3]; Terumasa Tokunaga[2]
[1] Kyutech; [2] Kyutech; [3] The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory

<http://www.ccr.kyutech.ac.jp/professors/iizuka/i3/i3-2/entry-4413.html>

In order to understand global response characteristics of the magnetosphere for interplanetary disturbances, we introduced a recent machine learning technique. Despite the recent successes of deep learnings in diverse recognition tasks, predictions of nonlinear phenomena in a complex system are still challenging. The present work is intended to investigate comprehensively the possibility of deep learning for reproduction of magnetospheric responses. For a pilot study, we performed predictive classification tests by deep learning on a prediction of substorm intensities using solar wind data.

For a successful prediction of substorm activities, learning of a magnetospheric hysteresis is most likely essential, at least several hours before a substorm onset. We adopted a specific recurrent neural network architecture called a stacked Long Short-Term Memory (LSTM) network for a deep learning model. It is widely recognized that the stacked LSTM network has many memory units and it can learn both long and short temporal structures. If the prediction is successful, it is expected that some meaningful knowledges about magnetospheric responses, including a typical response time of substorms for interplanetary disturbances, can be extracted by analyzing memory units in the trained the stacked LSTM network.

We have performed the predictive classifications in some simplified settings. Firstly, time series of geomagnetic auroral electrojet (AE) indices were classified into 7~11 groups based on AL value. Next, we trained parameters of the stacked LSTM network using several years of OMNI solar-wind data with 1-min resolution and corresponding classified AE indices. Solar wind data that we used here includes time series of tree components of IMF, bulk velocities, temperatures and dynamic pressures. All of lacking data were corrected by a linear interpolation before training. Then, we examined whether a latest class of AE indices was predictable or not from latest solar wind data in several hours with time series. As a result, the accuracy rates of the prediction exceeded 80% for training data in some settings. In the presentation, we will show the details of our experiments and share some results of predictive classifications. Also, we will discuss the present issues and future tasks.

惑星間空間での擾乱に対する磁気圏の大局的な応答特性を理解するため、我々は近年進歩が著しい機械学習技術を導入した。ディープラーニングは多様な認識タスクにおいて成果を上げているが、複合系における非線形現象の予測は依然としてチャレンジングな課題である。本研究は、磁気圏の応答特性を再現する上でのディープラーニングが持つ可能性について、包括的調査を行うことを目的としたものである。その先行的調査として、我々はディープラーニングに基づき太陽風データからサブストーム規模の判別予測をする実験を行なった。

サブストーム活動度を予測するためには、少なくともオンセット前数時間の磁気圏の履歴を学習することが本質的に重要であると思われる。我々はディープラーニングモデルとして、積層 LSTM ネットワークと呼ばれる特殊な再帰型ニューラルネットワークを採用した。この積層 LSTM ネットワークは多くのメモリーユニットを持ち、短周期から長周期まで時間構造を学習できるとされている。もし、この予測が上手く行ったならば、学習済みの LSTM ネットワークのメモリーユニットを解析することで、磁気圏応答に関するいくつかの重要な知見（惑星間擾乱に対する典型的なサブストームの応答時間など）を抽出できると期待できる。

我々は問題を単純化したいくつかの設定で判別予測の実験を行なった。まず始めに、AE 指数を AL 値に基づき 7~11 のグループにクラス分けした。次に、いくつかの衛星で得られた数年分の OMNI 太陽風データ 1 分値と、それに対応するクラス分けされた AE 指数を用いて、積層 LSTM ネットワークのパラメータを学習した。ここで用いられた太陽風データには、惑星間空間磁場 3 成分と、風速、温度、ならびに動圧の時系列が含まれている。全てのデータ欠損は学習の前段階で線形補間により補正した。その後、太陽風時系列データ数時間分を用いて、最新の AE 指数のクラスを予測できるかどうか検証を行なった。その結果、いくつかの実験において、学習データに対する予測精度が 80% を超過することを確認した。講演では、本実験の詳細と現状について共有し、現時点での課題と将来の展望について述べる。