

機械学習アルゴリズムを用いた磁力線共鳴振動現象の自動判定

#尾花 由紀¹⁾, 才田 聡子²⁾, 藤本 晶子³⁾, Petersen Tanja⁴⁾, Thornton Marijn⁴⁾, Ingham Malcolm⁵⁾, Rodger Craig J.⁶⁾

⁽¹⁾九州大学 国際宇宙惑星環境研究センター, ⁽²⁾北九州高専, ⁽³⁾九工大, ⁽⁴⁾GNS Science, ⁽⁵⁾Victorial University of Wellington, ⁽⁶⁾University of Otago

Automated detection of Field Line Resonances using Machine Learning Algorithms

#Yuki Obana¹⁾, Satoko Saita²⁾, Akiko Fujimoto³⁾, Tanja Petersen⁴⁾, Marijn Thornton⁴⁾, Malcolm Ingham⁵⁾, Craig J. Rodger⁶⁾

⁽¹⁾International Research Center for Space and Planetary Environmental Science, Kyushu University, ⁽²⁾National Institute of Technology, Kitakyushu College, ⁽³⁾Kyushu Institute of Technology, ⁽⁴⁾GNS Science, ⁽⁵⁾Victorial University of Wellington, ⁽⁶⁾University of Otago

As a step in introducing deep learning to solar-terrestrial physics, we attempted to construct a classification model that learned from geomagnetic data and was able to determine the presence or absence of field line resonances.

It is well known that the field line resonance frequency can be detected with accuracy by comparing the geomagnetic data of two stations at different latitudes. The field line resonance frequency can be used to estimate the plasma mass density in the magnetosphere.

Since the beginning of the 2010s, at three mid-latitude geomagnetic stations in New Zealand (Middlemarch, Eyrewell and Te Wharau), we have been measuring 3-component geomagnetic data every second. In recent years, several additional geomagnetic stations have been established by the New Zealand Solar Tsunamis research project, which focuses on geomagnetically induced currents (GICs).

The extensive dataset provides opportunities to enhance research, but at the same presents challenges due to its size. Therefore, it will be highly useful, if it becomes possible to automatically analyze a large amount of the geomagnetic data.

First, we created a teaching dataset using geomagnetic data for about one year by classifying the days when the field line resonances were clearly visible and the days when it was not visible. A convolutional neural network (CNN) was trained on these teaching data, and hence created a model which automatically detects magnetic field line resonances. In addition, we improved the existing algorithm (Berube et al., 2003) which detects the field line resonance frequency, by using a parameter calculated in the process in which our model judges the geomagnetic data.

In the presentation, we will introduce our results and discuss future issues and prospects.

太陽地球系科学分野で着目される諸現象の振る舞いは非常に複雑であり、不確定性も大きい。そのため、観測データから現象を理解するためには、データに現れる変動現象について、これを記述する説明変数を比較的少数に絞り込んだ上で、現象を支配する物理プロセスを抽出・解明する必要がある。従来の太陽地球系科学分野の研究では、これらの選択・抽出は、研究者の経験や直観によって行われてきた。またデータ処理で手作業に頼る部分が多く、処理可能なデータ量に限界があった。

一方、情報科学分野では、大量のデータを処理する技術は急速に発展しており、AIの技術開発や実用化も急速に進んでいる。AIの一分野であるディープラーニングは、大量のデータ内に共通する特徴を見つけることに優れており、画像認識等の分野で活用されている。

上述のとおり、太陽地球系分野で扱うデータは多種多様であり、データ処理に必要なマンパワーも足りていない。AI等の導入が状況を改善する余地は大きいと考えられるが、その導入は遅れている。

そこで我々は、ディープラーニングの太陽地球系科学分野への導入の一歩として、地磁気データを学習し磁力線共鳴振動の有無を判定する分類モデルの構築を試みた。

ニュージーランドでは2010年代の初めから、3つの中緯度地磁気観測点 (Middlemarch:MDM, Eyrewell:EYR, Te Wharau: TEW) で、1秒ごとの3成分地磁気データが計測されている。また近年、地磁気誘導電流 (GIC) の観測を主目的とした Solar Tsunami プロジェクトによって複数の地磁気観測点が開設されている。一方、緯度が異なる2観測点間の地磁気データを比較することで、磁力線共鳴振動周波数が高精度に検出できることがわかっており、その周波数を使うことで磁気圏赤道面のプラズマ質量密度が推定できる。よって地磁気観測データを自動解析して大量のデータ処理が可能となれば、その有用性は高い。

我々は、まず、約1年分の地磁気データを用いて、磁力線共鳴振動が明瞭に見えている日、見えていない日に分類して教師データを作成した。この教師データを畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network: CNN) で

学習させ、磁力線共鳴振動の自動検出・プラズマ密度推定を行う手法を開発した。またこの分類モデルが地磁気データを判定する過程で算出されるパラメータを用いて、既存の磁力線共鳴振動周波数検出アルゴリズム (Berube et al., 2003) を改良したところ、磁力線共鳴振動を高精度に検出することに成功した。

発表ではこれまでの研究成果を紹介するとともに、今後の課題と展望について議論する。