

畳み込みニューラルネットワーク (CNNs) を用いたショックレットの識別モデル 開発

田中 孝佳 [1]; 羽田 亨 [2]; 松清 修一 [3]
[1] 九大・総理工; [2] 九大総理工; [3] 九大・総理工

Identification of Shocklets using Convolutional Neural Networks (CNNs)

Takayoshi Tanaka[1]; Tohru Hada[2]; Shuichi Matsukiyo[3]
[1] IGSES, Kyushu Univ; [2] IGSES, Kyushu Univ; [3] ESST Kyushu Univ.

Large amplitude magnetohydrodynamic (MHD) waves are ubiquitous in space, in particular, in the solar wind and regions near collisionless shocks. One type of those large amplitude waves is the so-called shocklet, found in the foreshock region of collisionless shocks. They are steepened low-frequency MHD waves with high-frequency precursor waves attached at the steepened front and are believed to be the product of nonlinear evolution of finite amplitude MHD waves. Statistical analysis of shocklets demands a large amount of magnetic field data and the identification of shocklets within the data. This is an enormously time-consuming effort as long as we rely on the conventional method of identifying the shocklets by visual inspection of time series. In this study, therefore, we will develop a model to detect shocklets using the neural network (hereafter, NN).

The NNs are mathematical models of information processing that simulate the cerebral nerve system, which is the core of information processing systems. Among various types of the NNs, we make use of the convolutional neural networks (CNNs), known to be suited for processing data that has a known grid-like topology. Examples for the CNNs applications include time-series data, which can be thought of as a 1-D grid taking samples at regular time intervals, and image data, which can be thought of as a 2-D grid of pixels. CNNs have been tremendously successful in practical applications (Goodfellow et al 2016). They are widely used in the field of image recognition. CNN was trained to identify low-frequency plasma waves that occur in the upstream region of Saturn using images constructed from the Cassini magnetometer time series data with an accuracy of 94% plus or minus 2% (Ruhunusiri, 2018).

In this research, shocklets and turbulence time series obtained by the Magnetospheric Multiscale (MMS) are converted into images and given as an input to the CNN. Here, for identification, background turbulence other than shocklets, magnetometer noise, and satellite vibration is defined as turbulence. The three components of the magnetic field data are converted into image data. The implementation of the CNN for wave identification consists of three steps: training, verification, and testing. Training and verification are used to select the most accurate CNNs architecture. Tests are used to assess whether CNNs have been able to identify shocklets from all waveforms. These CNNs enable shocklets and turbulence to be recognized by extracting shocklet and turbulence features and validating the classified ones. In the poster, we will show that CNNs can be successfully used to identify the shocklets from multi-point observation satellite data.

太陽風中や衝撃波近傍などでは大振幅の磁気流体 (MHD) 波動が存在し、非線形発展をしている。この非線形波動の一種に、急峻化した大振幅低周波波動に高周波波動が伴うショックレットと呼ばれる波動がある。ショックレットの詳細な統計量の議論には、多くの磁場データ解析が必要であるが、従来は目視によりショックレットを同定していたため、膨大な磁場データの解析には莫大な時間がかかり、一部のデータしか解析できなかった。そこで本研究ではニューラルネットワーク (以下 NNs) を用いて、ショックレットを膨大な磁場データの中から高速・高精度で識別するモデルを開発する。

NNs とは動物の脳神経系を模擬した情報処理の数理的モデルである。NNs の一種に畳み込みニューラルネットワーク (以下 CNNs) がある。CNNs とは、格子状のトポロジーを持つデータの処理に使われる特殊なニューラルネットワークである。格子状のトポロジーを有するデータの例としては時系列データがあり、これは等時間間隔で習得したサンプルが一次元に配列されたものや、画像データではピクセルが二次元に配列されたものである (Goodfellow et al 2016)。CNNs は画像認識分野で広く用いられており、その一例に、短点観測衛星カッシーニにより得られた磁場データに対して CNNs を適用し、土星におけるプラズマ波を 94 % プラスマイナス 2 % の精度で識別した研究がある (Ruhunusiri 2018)。

本研究では、地球磁気圏多点観測衛星 MMS の時系列磁力計データから得られたショックレットと乱流を画像に変換し、CNNs に入力する。ここで識別のためにショックレット以外の背景乱流、磁力計ノイズ、衛星の振動を乱流とする。磁場 3 成分のデータを各画像に変換する。波識別のための CNNs の実装は訓練・検証・テストの 3 ステップである。訓練と検証は、最も精度の高い CNNs の構造を選択するために使用する。テストは CNNs がすべての波形からショックレットを識別できているかを評価するために使用する。これらの CNNs により、ショックレットと乱流の特徴量を抽出し、分類したものを検証することによりショックレットと乱流の識別を可能にする。上記の実験結果を基に、地球磁気圏における多点観測衛星データから、CNNs を用いてショックレットを識別するモデルを提示する。