

深層学習を用いた 250 Hz サンプリング波形の自動走時読み取り
Automatic seismic arrival-time picking of seismogram sampled at 250 Hz using Deep Learning

○加藤慎也・飯尾能久・片尾浩・澤田麻沙代・富阪和秀

○Shinya Katoh・Yoshihisa Iio・Hiroshi Katao・Masayo Sawada・Kazuhide Tomisaka

Accurate seismic arrival-times are required to detect accurate earthquake location and to estimate a velocity structure. In recent years, the number of observation data has been increasing. However, since arrival time picking is a very time-consuming task, the workload is increasing as the amount of data increases. For reducing workload, we made an automatic seismic arrival-time picking model using Deep learning method. We used PhaseNet (Zhu and Beroza., 2018) that was a type of fully convolution network. For the training of PhaseNet, we used seismic waveforms that arrival times were determined by experts and that are recorded by 250 Hz sampling seismic stations (Manten network). In this presentation, we will discuss an evaluation of model accuracy and results of automatic seismic arrival-time picking by the model.

地震波の走時読み取りは、震源決定や速度構造の推定を行う際に大きな影響を与えることから、正確な読み取りが求められる。近年、定常観測網や独自の稠密観測網の展開により得られる観測データは増加している。しかし、走時読み取りは非常に時間がかかる作業であるためデータ量の増加に伴い作業量も増加している。

これまで、人間に比べて短時間で走時読み取りができる自動走時読み取りモデルが提唱されてきた。従来の自動走時読み取りアルゴリズム (Allen., 1978; Sleemen & van Eck., 1999) は人間による読み取り精度と比べ精度が悪いという問題があったが、近年、深層学習を用いた自動走時読み取りアルゴリズム (Ross et al., 2018; Zhu and Beroza., 2018) が提唱され、人間による走時読み取りの精度と同程度の精度を持つことが報告されている。

本研究では、人間による走時読み取りの作業量を減らすために、250 Hz サンプリングの稠密観測網(満点観測網)で得られた地震波形の自動走時読み取りモデルを作成した。モデル作成に用いたアルゴリズムは Zhu and Beroza.(2018)によって提唱された PhaseNet である。PhaseNet は fully convolution network を用いたアルゴリズムであり、入力波形の 1 サンプル点ごとの P 波、S 波、ノイズの確率値を出力することができる。現在、PhaseNet によって作成された自動走時読み取りモデルは公開され

ている (<https://github.com/wayneweiqiang/PhaseNet>) が、そのモデルは 100 Hz サンプリング波形を学習に用いている。そのため、250 Hz サンプリングで得られた地震波形に適した自動走時読み取りモデルを作成する必要がある。

PhaseNet の学習には、島根・鳥取に設置された満点観測網で 2015 年 3 月～10 月の期間に収録された M-0.9～4.7 の波形のうち、専門家によって走時が読み取られた波形を用いた。PhaseNet の入力は 3 成分波形であり、公開されている PhaseNet によるモデルでは 3 つの入力波形を使用することが可能であり、default では UD, NS, EW の 3 成分波形を入力としている。本研究では、満点観測網のデータの S 波の走時を読み取る際に、SH 波を合成して読み取ることを考慮して、以下の 3 通りのケースで PhaseNet を学習させた。

ケース 1 : UD,EW,NS を入力したモデル

ケース 2 : UD,SH 波, 欠測値として 0 を入力したモデル

ケース 3 : UD,SH 波, SH 波(コピー)を入力したモデル

そして、3 つのモデルの精度を評価し、250 Hz サンプリング波形の自動走時読み取りモデルを作成した。本発表では、モデルの精度評価とモデルによる読み取り結果を紹介する。