

箱根火山における機械学習を用いた地震波検測の性能評価

Validation of Seismic Phase Picking Using Deep Learning Models Trained by Hakone Volcanic Earthquake Data

*金 亜伊¹、中村 勇士¹、畠山 海¹、上松 大輝¹、行竹 洋平²、安倍 祐希³*Ahyi KIM¹, Yuji Nakamura¹, Umi Hatakeyama¹, Hiroki Uematsu¹, Yohei Yukutake², Yuki Abe³

1. 横浜市立大学、2. 東京大学地震研究所、3. 神奈川県温泉地学研究所

1. Yokohama City University, 2. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, 3. Hot Springs Research Institute, Kanagawa

火山地帯では度々火山活動に関連した活発な群発地震が発生し、それらの迅速な検出、検測は火山防災において非常に重要である。しかし現在、これらのプロセスは最終的には人間の判断に委ねられ、膨大な時間とコストを要し、リアルタイムでの詳細な検証は不可能である。本研究ではこの問題を解決するため、近年多くの地震観測で研究が進んでいる機械学習の適用を試みた。現在、すでに膨大な訓練データ（主に地殻内地震）を用いた学習済みモデルがいくつか公開されている。それらをそのまま適用しても問題無い事例もあるが、検出精度が有意に悪くなる例も報告されている。本研究のターゲットは火山地帯という特殊な地域で発生する地震であるので、既存の学習済みモデルが適用が難しい可能性がある。そこで、本研究ではZhu and Beroza(2018)によって構築されたPhaseNetの学習済みモデル（model0）と、そのアーキテクチャを利用して、箱根火山で記録された1999年から2020年までの約3万個のイベントから約22万個の地震波形データを用い、ゼロから学習を行ったモデル（model1）とmodel0を初期値に前述の箱根データでファインチューニングしたモデル（model2）を作成し、その性能評価を行った。model1とmodel2の学習では220424個の地震波形をランダムに振り分け、75%を訓練データ、25%を検証用データとして用い、epoch100まで計算を繰り返し各モデルのパフォーマンスを検証した。その結果model1ではepoch8で、model2ではepoch89でF1値が最高となり、それぞれ、P波で0.870, 0.867, S波で0.782, 0.776という、わずかにmodel1で高いが、ほぼ同じ結果になった。同じ検証用データを用いてmodel0でのF1値を計算したところ、P波で0.832、S波で0.707となり、主にS波で大きな改善が見られた。また、これらのモデルを訓練にも検証にも用いていない2021年1月から5月まで記録された947個の波形に適用したところ、model0, model1、model2でそれぞれ、P波、0.916、0.942、0.941、S波、0.760、0.817、0.814という結果になった。検証用データの時と同様にmodel1とmodel2でわずかにmodel1が良い値を示し、model0に比べて箱根の訓練データを用いて学習したモデルで良いパフォーマンスを示す事がわかった。検証用データで全体的に性能が落ちるのは2009、2011、2015年の非常に活発な群発地震のデータを多く含むためである可能性がある。本研究では訓練データに多様性を持たせるために、オリジナルのPhaseNetでの訓練データ作成方法を踏襲し、波形をある程度長く（90秒）切り出し、そこからP、S波を含む30秒をランダムに切り出して訓練、検証用データとしている。しかし活発な群発地震では90秒の間でも他の地震が入り込むことがあり、判定の正誤検証に問題を招く場合がある。今後はそのような短いタイムウィンドウに多数のイベントを含むデータについて、該当箇所をノイズで置き換えるなどの処理を施し、再度学習検証を行う予定である。また、このモデル他の火山地帯での地震にも適用し、火山地帯の地震波検測への汎用化の可否を検証する。