

機械学習モデルを用いた EEW 運用観測点の抑止・再開の自動化検討

下條賢悟¹

1. 気象庁地震火山部地震火山技術・調査課

1. はじめに

気象庁の緊急地震速報処理(以下、EEW)で用いられる震源決定手法の1つである IPF 法 (溜淵・他(2014))では、気象庁の多機能型観測点による検知網や防災科学技術研究所(NIED)の S-net や KiK-net、海洋研究開発機構(JAMSTEC)の DONET の観測点が、活用観測点として運用されている。これらの観測点でトリガを検知する毎に、地震検知・ノイズ識別・最大振幅検出・地震諸元推定などの情報をまとめた「A 電文」を作成し、迅速な EEW に役立てられている。これらの観測点において、入電する A 電文の数が著しく増加、もしくは振幅が過大と判断される A 電文が入り、かつ近傍観測点の A 電文がない場合は、機器障害や周辺工事等の人間活動によるノイズが原因であるとして、現業での音声報知を行う。現業者は、その都度、該当する観測点波形を確認し、手動で活用抑止作業を行う。一方、NIED が展開する Hi-net の全観測点についても、令和5年度中をめどに、A 電文を作成して IPF 法に活用することを目標としている。しかしながら、Hi-net の観測点数は 789 点(2021 年 12 月現在)と、現行の EEW に使用する観測点(506 点)に比べて非常に多いため、報知が多発し、現業業務の負担が増える恐れがある。そこで、トリガ前後の波形の正常/異常を識別するための、ディープラーニングによる学習モデルを作成し、自動での観測点活用管理に役立てることを本研究の目的とする。

2. データと手法

2021 年 1 月 1 日から 4 月 30 日の期間に観測された速度 3 成分・8 秒間の波形データに「正常」「異常」のラベルを付与し、学習に使用する。使用したデータは以下の通り。

「正常」のデータ

- ・気象庁の一元化震源カタログに記載のある手動で決定された深さ 150km よりも浅い地震の P/S 相検測値前後の波形

「異常」のデータ

- ・上記波形データに、P 相到達前の定常ノイズ部の波形を 1 成分以上混入した波形
- ・EEW の A 電文作成処理の品質管理を通過し、かつ、理論走時を比較したときに、どの一元化震源とも紐付かない A 電文トリガ検知時刻前後の波形

合計 69 万個の波形データのうち、8 割を訓練データ、1 割を検証データ、そして残りの 1 割をテストデータとして学習済みモデルの精度検証に使用した。機械学習モデルの構造は、Generalized Phase Detection (Ross et al., 2018b)に準拠している。これは、任意の波形を与えた時に、正常/異常の各確率を算出し、一番高い確率のカテゴリーに分類するモデルである。

3. 結果と応用

上記のテストデータの精度検証の結果、正解率およびそれぞれのラベルについての適合率・再現率についての統計指標が 97%以上となる正常/異常識別モデルが構築された。このモデルの検証を行うため、2019 年 1 月 26 日の全国の Hi-net 速度波形データを用いて試験的に作成した A 電文をもとに、一元化震源に紐づくトリガ検知時刻前後の波形に「正常」、それ以外に「異常」のラベルを付与したテストデータを作成し、学習済みモデルによる判定も行なった。その結果、統計指標はいずれも 90%以上となるが、「異常」と判定する閾値(確率)への依存がみられる。これは、閾値の僅かな違いが、正常/異常識別に大きな影響を与えてしまうことを意味する。モデルのさらなる改良のため、振幅のカウント値の統計量からオフセットずれ、および感度異常の抽出を行い、この段階で疑わしい波形を学習データから除外することを試みた。さらに、正常/異常判定を行う対象の観測点近傍に位置する 2 観測点を含めた計 9 成分・20 秒の波形を学習データとして新たにモデルを作成した。その結果、「異常」と判定する閾値にあまり依存しないロバストなモデルを構築することができた。当発表では、この学習済みモデルを用いた、熊本地震前後の期間における、Hi-net 観測点活用の自動抑止・再開のシミュレーションの結果を紹介する。

[謝辞]

本発表では、気象庁観測点の速度波形データのほか、MOWLAS ならびに産総研、振興会、温泉地学研究所、各大学機関のデータを利用しています。厚く御礼申し上げます。