

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(溜瀧・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、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、単独観測点処理により地震検知・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。入電する A 電文数の著しい増加、もしくは振幅が過大と判断される A 電文が入電した場合、現業者は、その都度、該当する観測点波形を確認し、必要であれば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 778 点(2023 年 1 月現在)と、現行の EEW に使用する観測点数(約 900 点)に近い点数を新たに活用することになるため、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、自動での Hi-net 観測点制御のためのプログラム(MASC…Machine-learning Auto Station Controller)を実装し、試験データを用いた実用性の検証を行った。

2. MASC の概要

MASC で行う波形の正常・異常の判定には 2 種類存在する。一つは、トリガ入電後にトリガ前後の波形を機械学習モデルで推論し、異常か正常かを判別するものである(以下、トリガ時チェックと呼称する)。昨年度の研究集会において紹介した、9 成分 20 秒間(正常・異常の判定を行う目標の観測点とその近傍 2 観測点)の速度波形を推論するモデルを、トリガ時チェックに利用する。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(Ross et al., 2018b による Generalized Phase Detection (GPD)に準拠した)モデルであり、人為的な振動ノイズから機器障害によるノイズまで、トリガを入電するようなものを幅広く検知する狙いがある。他方、トリガ点以外の短時間の観測点波形(3 成分 8 秒間)を一定数取得し、簡便的に各特徴量を算出することを通して、正常・異常判定を行う機構(定時チェック)も取り入れている。これにより、機器障害のある観測点を事前に把握し、機器障害に伴うノイズ由来のトリガや震源計算の誤りなどを予防することが期待される。今回は 9 種類の特徴量(各成分のカウント値の絶対平均や各成分同士の比、平均値除去後の実効値と各成分同士の比など)を抽出し、波形・感度異常点の検知に利用した。

3. MASC のヒートランデータへの適用

2022/8/20 2:00 から 2022/9/21 0:00 までの間、Hi-net 観測点の波形を用いて A 電文トリガデータをリアルタイムで作成する試験(ヒートラン)が行われた。そのうち 9/17 0:00 から 9/21 0:00 までの 4 日間の Hi-net 点の波形・トリガデータと気象庁点の波形をもとに、トリガ時チェック・定時チェックを毎分ごとに行った。

その結果、9/21 0:00 時点で、Hi-net の全観測点 778 個のうち、123 点を活用停止判断とした。そのうちトリガ時チェックで 40 点の観測点を停止した。トリガ時チェックによる停止判断時の波形を目視で確認してみると、振動ノイズ・機器障害によるノイズ問わず、幅広いバリエーションの異常なシグナルを正確に検知できている。定時チェックでは、98 点を自動停止判断とした。処理終了時の MASC の自動停止点の分布は、9/17 時点の一元化検測での活用停止点(現業者が一元化検測に利用しないことを目視での波形監視で判断した観測点)の分布とよく一致する。特に、定時チェックで停止した点と多く重なる。これは、人間目線で見たときの異常な波形を描いている点を自動的に停止判断できたことを示す。

[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 のデータを利用しています。厚く御礼申し上げます。