

## 11 - 2 人工知能による複数観測点を用いた地震・測地イベント検知手法開発 Development of seismic and geodetic event detection methods using multiple observation stations by artificial intelligence

統計数理研究所 矢野 恵佑

The Institute of Statistical Mathematics, Keisuke Yano

現在では稠密な地震計ネットワークから膨大な量の連続地震データが取得されている。例えば、首都圏稠密地震観測網 (MeSO-net) や南カリフォルニア地震観測網のような高密度な地震計ネットワークは、リアルタイムで地震を監視し、それぞれの観測網からの連続波形が得られている。これらのデータセットを効率的かつ徹底的に解析することは、地震学ひいてはわが国の防災にとって大きな利益に繋がる。本発表で紹介した手法の主な目的は、これらの巨大な地震ネットワークデータセットに対する地震検出技術の改良です。近年、深層学習は、このような膨大なデータを扱い、データ処理性能を向上させることができるツールとして、地震学においても関心が高まっている<sup>1)</sup>。畳み込みニューラルネットワーク (CNN) は、地震解析によく使われる深層学習の機構の一つである。CNN は、P 波到達時間のピックアップと初動極性の判別、地震の検出とその局在、P 波と S 波の両方の到達時間のピックアップ、通常地震と微動の判別にも利用されている。これらの研究は、大規模な地震データセット解析における CNN の有効性を示している。その他にも、様々な地震解析のために、深層学習を用いた研究が数多く開発されている。このように深層学習は今日の事実上のデータ解析の標準手法の一つであり、地震イベントの検出においても国内外で数多くの成功を収めている。しかし、私たちが研究に着手する以前は、地震学における深層学習の適用のほとんどは、単一の観測点の波形データのみを利用したものが大半であった。実際の観測波形には地震の他に地表面付近の局所的な環境雑音が多く存在するため、単一の観測点のみで誤検知を抑えるのは限界があると考えられる。そこで、私たちは、地震計の空間配置を考慮した畳み込みニューラルネットワークを活用した地震計アレイでの地震自動検知法を開発した<sup>2)</sup>。開発手法においては、地震計の空間配置を距離グラフで表し、距離グラフを活用した深層学習器を考えた。提案手法を MeSO-net の実観測データを利用して学習させ、検証用のデータによって、深層学習器の複数観測点への単純な適用や単観測点での深層学習器の適用と比較した。すると、提案手法がこれらの手法の中で高検知率・低誤検知率をもつことが確認された。さらに誤検知率を抑えると同時に、人が見落すような非常に微弱な地震信号を捉えることに成功していることが確認された。

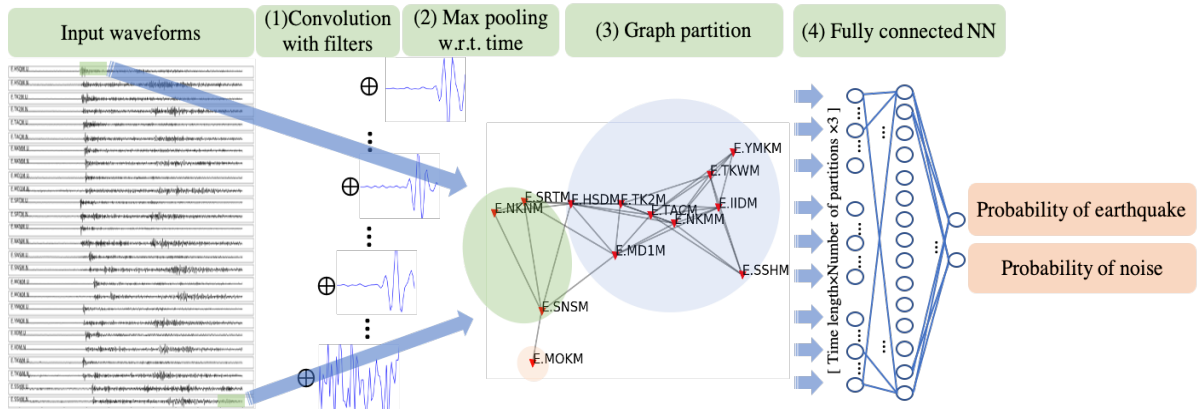
統計数理研究所 矢野 恵佑

### 謝辞

本研究は JST CREST 「次世代地震観測と最先端ベイズ統計学との融合によるインテリジェント地震波動解析」の助成を受けたものである。

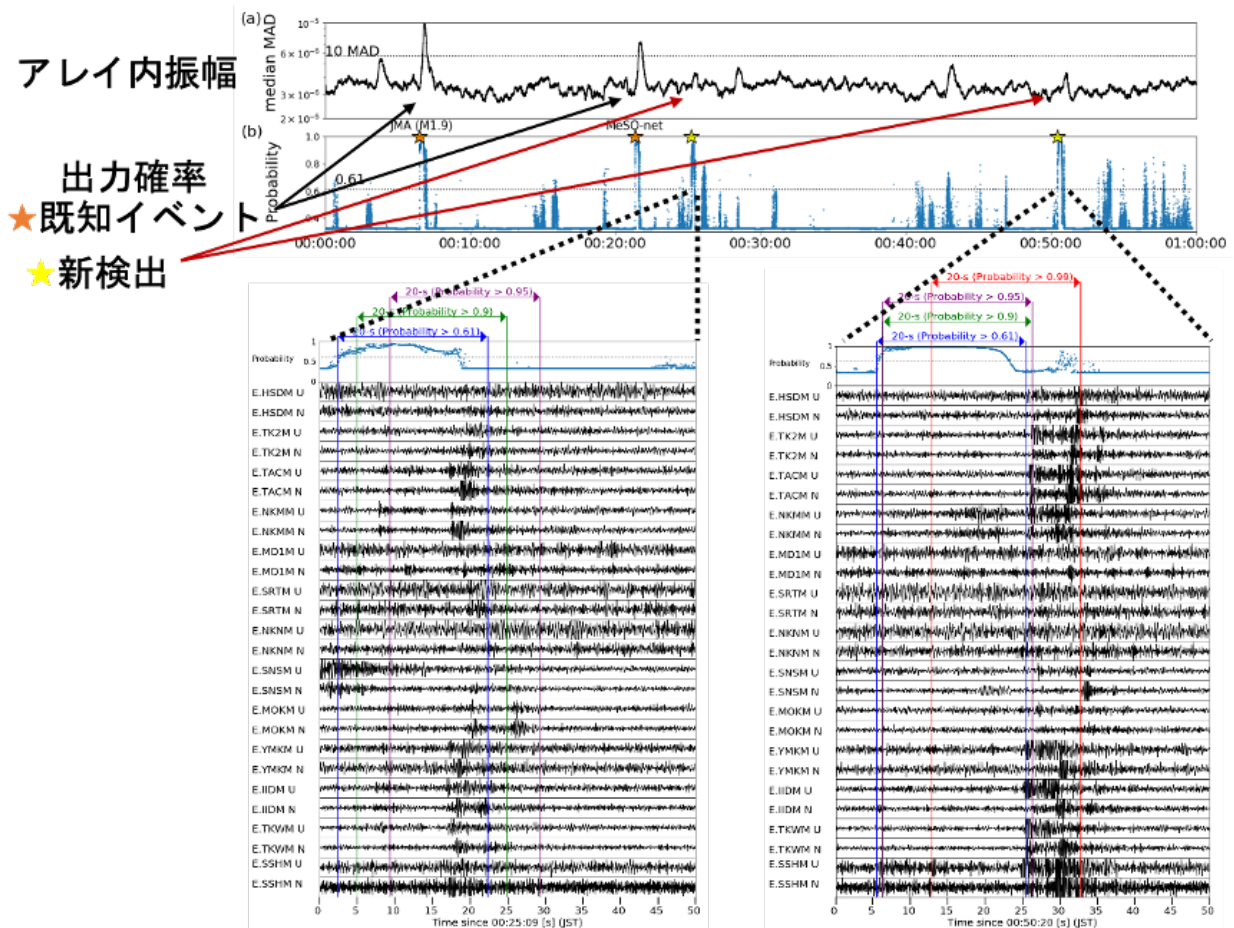
### 参考文献

- 1) Mousavi and Beroza (2022), *Science*, **377**. Deep-learning seismology.
- 2) Yano et al. (2021), *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **126**. Graph-partitioning based convolutional neural network for earthquake detection using a seismic array.



第 1 図 深層学習器を用いた複数地震観測点からの地震イベント検知法の開発 (図は Yano et al. (2021) から引用)

Fig. 1 Times New Roman, 9pt. Development of a method for deep-learning based detection of seismic events from multiple seismic stations (Figure taken from Yano et al. (2021))



第 2 図 開発手法を連続適用した際の出力と新検出

Fig. 2 Output probability sequence and new detections from successive application of the developed methodology