

Regional characteristic of seismic activity inferred from unsupervised machine learning of F-net moment-tensor catalog

*Hisahiko Kubo¹, Takeshi Kimura¹, Katsuhiko Shiomi¹

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

○はじめに

本研究では、防災科研F-netのモーメントテンソル解カタログを、次元削減による構造抽出やクラスタリングなどの教師なし機械学習で解析することで、地震活動の地域特性を調べる。

○データセット

防災科研は、日本周辺で発生する地震を対象として、広帯域地震観測網F-netの地震動記録を用いたモーメントテンソル解析を1997年からルーティン的に行っており、そのカタログをWeb上で公開している。ここではF-netの観測体制がほぼ同一である2003年から2019年までの期間に発生し、モーメントマグニチュードが4以上である、計15810の地震のモーメントテンソル解を用いた。

F-netによるモーメントテンソル解は、緯度・経度・深さ・モーメントテンソル6成分の情報を持つ。このモーメントテンソル6成分をダブルカップルとCLVDに分解し、それぞれに関する情報をデータセットに登録した。ダブルカップルの情報としては、P軸のazimuthとplungeおよびT軸のazimuthとplungeを登録するとともに、P軸・T軸の単位ベクトルも登録した。さらに断層タイプに関する情報として、P軸・T軸の情報から、Kavernia et al. (1996)・Kagan (2005)によるsource-mechanismダイアグラムのxとyも登録した。xが大きいと逆断層成分が、xが小さいと正断層成分が卓越していることを意味する。またyが大きいと横ずれ成分が卓越していることを意味する。CLVDの情報としては、Aso et al. (2016)のsource-typeダイアグラムの定式化(j) によるダブルカップルとCLVDの比を登録した。

○次元削減による構造抽出

ここでは上記データセットのうち緯度・経度・深さ・source-mechanismダイアグラムのxとyの計5成分の情報を、カーネル主成分分析によって3次元に削減し、データセット内の構造抽出を試みた結果を紹介する。地震のメカニズム解の空間分布は非線形要素が強いため、主成分分析などの線形な次元削減手法ではなく、非線形な次元削減手法であるカーネル主成分分析を用いた。カーネル主成分分析はカーネル法を用いて非線形変換を行うことができ、より柔軟な解析をすることが可能である。カーネルにはガウシアンカーネル Radius Basis Functionを用いた。なお日本周辺で発生する地震の空間分布はもともと北東-南西の方向に広がっており、緯度と経度の情報には強い相関がある。そのため、まず緯度と経度に対して主成分解析による軸変換を行った上で、次元削減を行った。また次元削減前に各成分の正規化を施した。

解析の結果、カーネル主成分分析で得られる三つの主成分と地域ごとの特徴的な地震活動が対応することが分かった。第一主成分が大きい地震グループは、西日本・南西諸島・台湾にかけた地域の内陸および海域で起きている浅い正断層型の地震で主に構成される。第一主成分が小さい地震グループは、東日本の太平洋沖のプレート境界付近で発生している逆断層型の地震が多い。第二主成分が大きい地震グループは、横ずれ成分を多く含む台湾周辺の地震が多い。第二主成分が小さい地震グループは、千島海溝沿いの浅い正断層型の地震で主に構成される。第三主成分が大きい地震グループは、正断層成分を多く含む、深さ100km以上の深い地震で主に構成される。第三主成分が小さい地震グループは、東日本の内陸および日本海溝周辺の浅い逆断層型の地震や九州・南西諸島・台湾にかけた地域の逆断層型の地震で構成される。この結果はF-netモーメントテンソル解カタログを教師なし学習することによって、似た性質を持つ地震のグループを抽出することが可能であることを示唆する。