

海底地震計を用いた令和6年能登半島地震の海域余震観測

東京大学地震研究所・北海道大学大学院理学研究院・東北大学大学院理学研究科・
千葉大学大学院理学研究院・東京海洋大学学術研究院海洋資源エネルギー学部門・東海大学海洋学部・
京都大学防災研究所・鹿児島大学大学院理工学研究科・海洋研究開発機構

2024 年 1 月 1 日に発生した令和6年能登半島地震の海域余震観測を、自由落下自己浮上式海底地震計(OBS)を用いて実施した。最初の OBS 設置には、海洋研究開発機構所属学術研究船「白鳳丸」による緊急調査航海 KH-JE01(令和6年1月16日東京出港 - 1月23日富山入港)を利用し、OBS 34 台での観測を開始した(第一期観測)。使用した OBS の種類は、固有周波数 4.5Hz の地震計を用いた短周期型 OBS(SPOBS)が 26 台、固有周波数 1 Hz の地震計を用いた長期観測型 OBS(LTOBS)が 5 台、広帯域地震計を搭載した広帯域 OBS(BBOBS)が 3 台である。SPOBS は、学術研究船「白鳳丸」緊急調査航海(第二次)KH-24JE02C(令和6年2月18日新潟出港 - 3月1日富山入港)により回収した。LTOBS と BBOBS については、海底観測を継続する共に、「白鳳丸」緊急調査航海(第二次)により、新たに SPOBS 5 台、LTOBS 12 台および小型広帯域地震計(CBBOBS)3 台を追加設置した(第二期観測)。さらに 2024 年 6 月に学術研究船「白鳳丸」KH-24-JE03 航海(令和6年6月15日下関出港 - 22日八戸入港)により SPOBS 5 台の回収と主に構造探査のために SPOBS 60 台の設置(第三期観測)、同年 9 月に用船により SPOBS と BBOBS の回収および SPOBS20 台の再設置(第四期観測)を行った。2025 年 1 月、学術研究船「白鳳丸」KH-25-JE01 航海(令和7年1月8日北九州出港 - 19日新潟入港)により LTOBS, CBBOBS, SPOBS を回収し、海域余震観測を終了した(図 1)。

すでに解析を行った第一期観測の SPOBS 25 台(Shinohara *et al.*, 2025)に加え、複数の観測期間を通じて連続記録を取得した BBOBS 3 台(第一期～第三期)、CBBOBS 3 台(第二期～第四期)、LTOBS 17 台(内 5 台が第一期～第四期、12 台が第二期～第四期)と、同一観測点で全期間を通じて繰り返し観測を実施した SPOBS 20 台を用いて観測期間全体の震源決定を行った。まず、気象庁一元化リストに基づき、観測期間内で観測網近傍に震央がある $M_{jma} \geq 2$ 以上の地震について、PhaseNet (Zhu and Beroza, 2019)を用いて自動検測を行った。解析手法と用いた速度構造は、第一期観測データの解析を行った Shinohara *et al.*(2025)と同一である。まず、構造探査の結果(Nakahigashi *et al.*, 2012)をもとに作成した一次元速度構造と、震源決定プログラム HYPOMH(Hirata and Matsu'ura, 1987)により震源決定を行った。その際、各観測点の P および S 波の走時残差の平均値を用いて観測点補正值とする震源決定を 5 回繰り返して 1618 個の震源を求めた。次にこの結果を利用して、Double Difference 法(Waldauser and Ellsworth, 2000)により再決定を行い、1490 個の震源を求めた(図 2 および図 3)。気象庁一元化リストからは、大局的には余震数が時間ともに減少している。発生位置については、震源再決定の結果、余震は能登半島沿岸では深さ 10 km 程度まで、沖合では深さ 16 km 程度まで発生していること、「日本海地震・津波調査プロジェクト」による断層モデル NT2 の深部において、深い地震が発生している点は、第一期 OBS 観測の解析結果(Shinohara *et al.*, 2025)と調和的である。2024 年 7 月 1 日の $M_{jma}4.1$ とその周辺の地震に代表されるように、周囲に較べてやや深部で発生している地震活動が認められる。

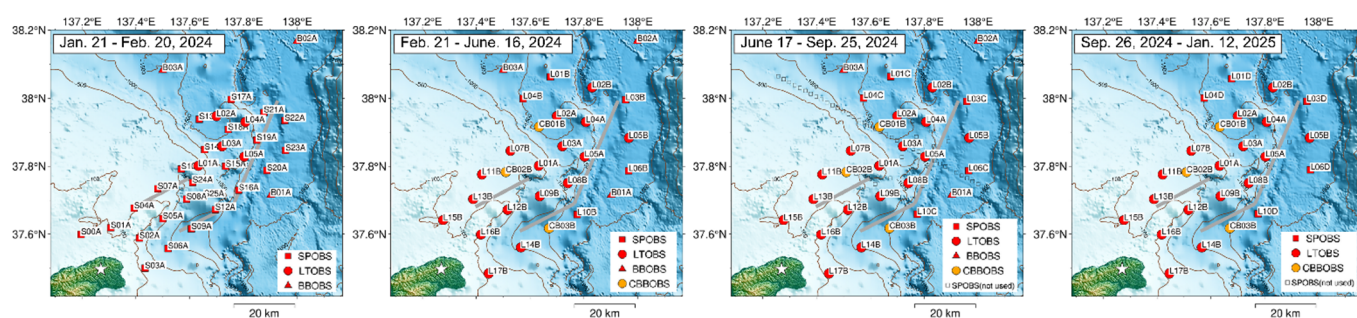


図 1: 海域余震観測の海底地震計設置位置。

2024 年 1 月 21 日から 2 月 20 日までの第 1 期観測網(左上)、2 月 21 日から 6 月 16 日までの第 2 期観測網(右上)、6 月 17 日から 9 月 25 日までの第 3 期観測網(左下)、および 9 月 26 日から 2025 年 1 月 12 日までの第 4 期観測網の 4 回の観測を行った。設置したすべての OBS のうち、本解析に使用した OBS を色つきで示す。図中の赤四角、赤丸、オレンジ丸、赤三角はそれぞれ、短周期型 OBS (SPOBS)、長期観測型 OBS (LTOBS)、小型広帯域 OBS (CBBOBS)、広帯域 OBS (BBOBS) をあらわす。白星印は気象庁による 2024 年 1 月 1 日の震央($M_{jma}7.6$)。灰色太線は「日本海地震・津波調査プロジェクト」による断層モデル (NT2 - NT4) の上端を示す。地形は Shuttle Radar Topography Mission (SRTM1S) による。