

## 2. 山形県沖の地震に関する研究成果

2019年6月18日22時22分頃、山形県酒田市沖の深さ約14kmを震源とするMjma6.7の地震が発生した。この地震により、新潟県村上市で震度6強を観測し、山形県、新潟県、石川県に津波注意報が出され、被害が発生した。発震機構\*は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層\*型で、いわゆる内陸地震\*と考えられる。日本海東縁部にはひずみ\*集中帯と呼ばれる活構造が存在しており、今回の地震はこの構造の一部が関係していると推定される。本地震について、定常地震観測網を用いて推定した地震発生直後の余震\*分布からは、余震域が時間とともに広がることが確認された。このような余震域の拡大は、本地震の発生過程における流体の影響を示唆する（現象説明部会今年度報告参照）。

今回の地震の震源域は、陸域既設地震観測網の近傍の海域にある。海域の震源に対し、精密な余震分布を求めるためには、震源域直上における海底地震計による観測が必要不可欠である。そこで、今回の地震活動とその地震発生場の特徴を正確に把握するために、震源域直上において、海底地震計を用いた臨時観測及び震源域近傍の海岸線付近において臨時テレメータ観測を実施することとした（図1左）。観測の実施にあたっては、地元漁業団体にご協力頂いた。

通常海底観測に用いられる自由落下自己浮上式海底地震計は、直径50cm程度の球型耐圧容器に観測機材を封入しており、観測船から自由落下により海底に設置される。今回の地震の震源域直上の海底は水深が100mより浅いため底引き漁などの水産活動等が活発であり、自己浮上式海底地震計の設置は水産活動と干渉する。さらに、浅海では波浪等により海底付近での水流が大きく、海底から高さがありかつ回収時の自己浮上のため浮力を持つ自己浮上式海底地震計では雑微動が大きくなる。このようなことから、今回のような浅海域では従来の自己浮上式海底地震計による海底観測は難しい。そこで、今回浅海用に簡便な係留ブイ方式を用いた海底地震計を開発した。観測装置は地下構造探査用に開発されたものを流用した。電池駆動であり、約1ヶ月間観測可能である。この装置は置かれている姿勢に関係なく計測可能であり、データ処理に用いるため地震計の姿勢も記録される。また、観測装置は浮力を持たずかつ高さが10cm程度の板状の形状であるため、海底における水流の影響を受けにくく雑微動を少なくできる。ブイが海上にあることにより、海底に設置物があることを周知することが主な目的である。全体の構成は、実績・経験ある漁業用システムを積極的に用いた。観測装置と固定用錘（合計20kg程度）からなる海底部と、海面に浮かぶブイをつなぐロープの長さは設置する水深の約3倍である。ブイ方式の場合、ブイが波浪や風の影響を受けるため、位置が移動することが多いが、固定用錘の一部に船止め用アンカーを用いる

ことにより位置移動を防止する。この浅海用係留ブイ方式海底地震計3台を、5km及び8.5km程度の間隔で震源域直上に設置した(図1)。水深は70mから80mである。7月5日に設置を実施し、回収は7月13日に行った。回収前日の12日に係留ブイ方式海底地震計1台のブイが流失していることが確認され、12日及び13日に回収作業及び搜索活動を行ったが、残念ながら現時点では回収されていない。海底臨時観測と観測期間が重なるように、震源域の海岸付近において陸上テレメータ臨時観測を実施した。

海底地震計と近傍の陸上観測点のデータから、P波及びS波の到着時刻を読み取り、一次元地震波速度構造を用いた震源決定を行った。一次元地震波速度構造は、近傍で行われた海域構造探査の結果(Sato et al., 2014)を参照した。また、海底地震計の観測点補正については、変換波を読み取り、補正值の決定に用いた。解析期間は、係留ブイ方式海底地震計が設置されていた期間である。その結果、現在までに168個の地震について精度のよい震源が求まった(図1右)。求まった地震は深さおおよそ3kmから12kmに分布する。気象庁震源と比較すると、海底地震計を含む臨時観測網で決定した震源は5kmほど浅く決定され、やや西に移動する。臨時観測網により決定された余震の震源は、全体として、傾斜角度40度程度の南東に傾斜する面状分布を示し、本震の発震機構解と調和的である。海底地震計を用いた直上での観測データが得られたことにより、本震の断層面がより正確に推定できた。日本海沿岸の断層は、日本海形成時の影響を受けて、構造探査などにより、西に傾き下がる断層が多く確認されているが、今回のように東に傾き下がる断層による地震も発生する。日本海沿岸で発生する地震を考察する上で、今回のような地震の正確な断層面の推定は重要である。

## 山形県沖の地震直後の臨時観測

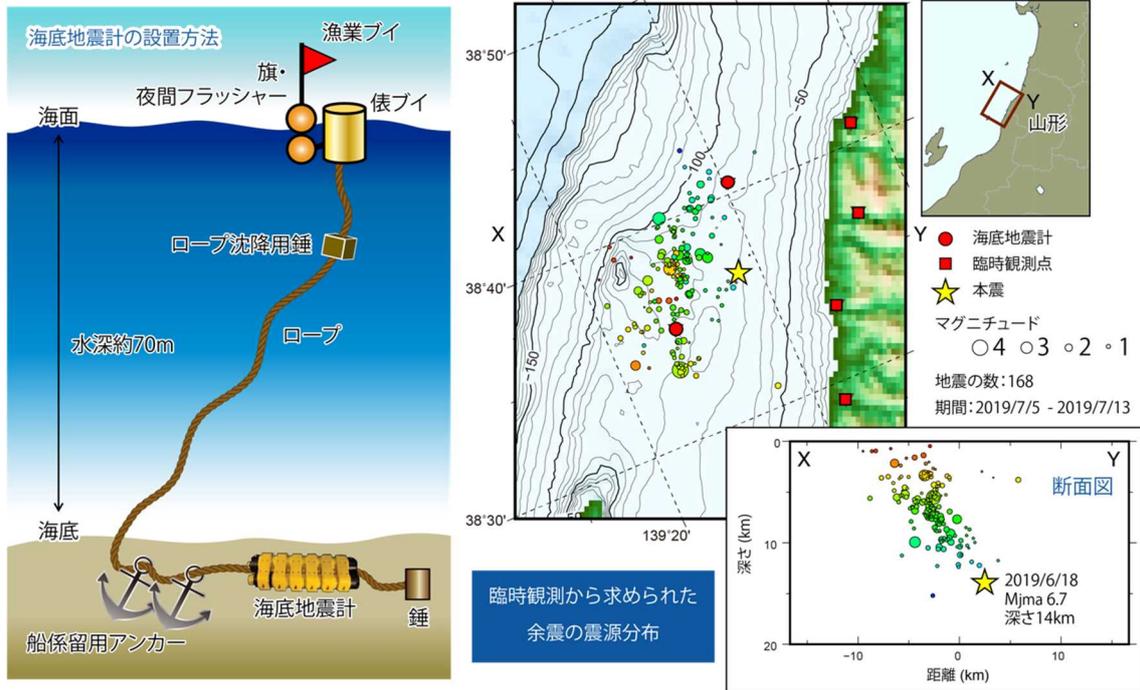


図1. 山形県沖の地震直後の臨時観測

左に山形県沖の地震発生直後に設置した海底地震計の設置方法を示す。水深が比較的浅く、水産活動等が活発な海域のため、係留ブイ方式を用いた海底地震計を設置した。右は7月5日から7月13日までの臨時観測から求められた震源分布である。丸の大きさでマグニチュード<sup>\*</sup>、色で深さを表現している。地震は深さ3kmから12kmに分布して、傾斜角40度程度の南東に傾斜する面状分布を示し、発震機構解と調和的である。