

世界初のリアルタイム広帯域地震観測網とその成果

○荒木英一郎、川口勝義、松本浩幸、横引貴史、金田義行（JAMSTEC 地震津波防災研究プロジェクト）

東南海地震震源域に展開された海底地震津波ネットワーク（DONET）では、沈み込む海洋プレートが引き起こす巨大地震のメカニズムを理解するために、巨大地震間の地震発生帯での地殻活動をリアルタイムで詳細に観測が行えるものとするを目標として開発を行った。観測の対象に想定した地殻活動、大地震そのもののほかに、微小地震、津波、地殻変動等への各種地殻活動への対応ができるよう、様々な大きさや幅広い周期帯での変動現象に観測対応ができるような観測装置と観測網の設計を実施した。

そのような地殻活動現象の一つに、海域の巨大地震発生が予想される地域の海側で、超低周波地震と呼ばれる、通常の地震と違い低周波成分が地震の規模に比べて大きい地震群が知られている。このような超低周波地震は、陸上からの観測からだけでは、海底下のどの断層で起こっているのか知ることが非常に困難であり、想定される震源近くにおいて複数の観測点で十分な S/N 比の記録が得られることが必要とされた。また、超低周波地震は50秒～1秒という長周期帯において観測されるが、これまでの海底で広く構造探査等に使われている OBS の地震計はこの周期帯で感度が無いほか、近年開発された海底広帯域地震計では海底に置かれた観測装置が海底の底層流でゆすぶられることによって非常に大きな長周期ノイズが発生し、弱い地震の信号をマスクすることが知られていた。

このような背景から、DONET では、超低周波地震に感度を持つ広帯域地震計をそのパフォーマンスが十分に発揮できるような低ノイズの設置環境で稼働できるように開発を行った。その一環で DONET が採用したのは、地震計の表層地中埋設であった。地震計を地中埋設することによって地震計は、底層流から揺さぶられず、よりしっかりと地震動が伝わる地面とカップリングすることが期待できる。DONET の開発では、JAMSTEC 船舶を利用して、2007 年に地中埋設を含む複数の地震計設置手法の比較を実施して埋設によるノイズ性能の大幅な向上を確認したのち、2008 年には、DONET プロトタイプ地震計による地震計埋設工法の確認を経て、2010 年3月から2011年8月までの DONET 地震計設置と海底ケーブルへの接続作業を実施した。DONET における地震計の地中埋設工法とは、あらかじめピストンコアラーに類する装置で海底に地震計設置用のケーソンを埋め込んだのち、ROV にてケーソン内の泥を吸出し除去、地震計を ROV によって設置し、ケーソン内の地震計を砂を用いて埋め戻すという方式で、様々な海底の状況に合わせフレキシブルな対応が行えることが特徴の工法である。

このような一連の現場海域における試験と設置作業を通じ、DONET では、20 台の広帯域地震計を巨大地震の発生域の 100*100km 程度の範囲に展開し、海底ケーブルに接続して運用することにより、これまでに例を見ない高密度のリアルタイム海底広帯域地震観測網を実現することができた（図1）。

設置された20台の DONET 広帯域地震計のパフォーマンスは、様々な海底環境を反映してノイズの多少はあるものの、多くの観測点についてこれまでの海底観測で得られなかった水準の観測が行えている（図2に埋設が完全に行われた KMB06 観測点の背景ノイズスペクトラムを示す）。このことは、海底地震観測網の整備における地震計の地中埋設の重要性と今回開発した地震計設置工法の妥当性を示すものと考えている。

2011年3月11日に東北太平洋沖で大きな地震が発生した。このとき、DONET は海底観測網の設置を R/V かいようで実施中であり、すでに10台の観測装置が海底で稼働していた。これらの観測装置は東北太平洋沖で発生した地震とそれに伴う大きな津波を熊野灘とその沖の海底で明瞭に観測した。地震

後、東北太平洋沖の広い海底では多数の余震が発生したほか、津波は太平洋全体に広がり DONET 観測網では数日にわたって水圧の擾乱が観測された。

この地震の影響は、東北太平洋沖の震源付近にとどまらず、広い範囲に及んだことが静岡、長野、岐阜他での誘発地震の発生から知られているが、DONET が設置された熊野灘とその沖合いの海域でも特異な現象が見られた。東北太平洋沖での地震の発生を境に熊野灘沖合の DONET 観測点では、頻繁な微動が観測された。図 3 に DONET の広帯域地震観測網で観測された東北太平洋沖の頻繁な余震とその間に微動が DONET の沖合の観測点 (KMB06, KMC09) のみで観測されている様子を示す。このような微動は 3/11 の地震発生までは見られなかったが、地震の発生後頻発するようになり、2 週間余りにわたって頻繁な活動が見られた。微動は、沖合の観測点だけで観測がされ、海底でも東南海地震の想定震源域の真下、陸よりの観測点では見られていない。また、微動は東北太平洋沖での余震に伴う表面波が DONET の海域に到達したタイミングで発生することが多い傾向があった。この微動は東南海震源域のいわゆる固着域の海側のプレート境界域において、東北太平洋沖の余震などの擾乱によって誘発される滑り現象を示唆していると考えられる。この微動現象は、次の東南海地震の発生を前に、この海域がフィリピン海プレートの沈み込みに伴いどのような状況にあるかを理解するために非常に重要な現象であると考えられるが、微動は長周期成分に富むものとそうでないものが見られたことなど、そのメカニズムに関しては不明な点が多い。今後 DONET の運用によるリアルタイム観測を通じこのような微動の監視を行うとともに、そのメカニズム、さらには微動の発生と東南海地震の震源域の地震発生準備状況について検討をしていく予定である。

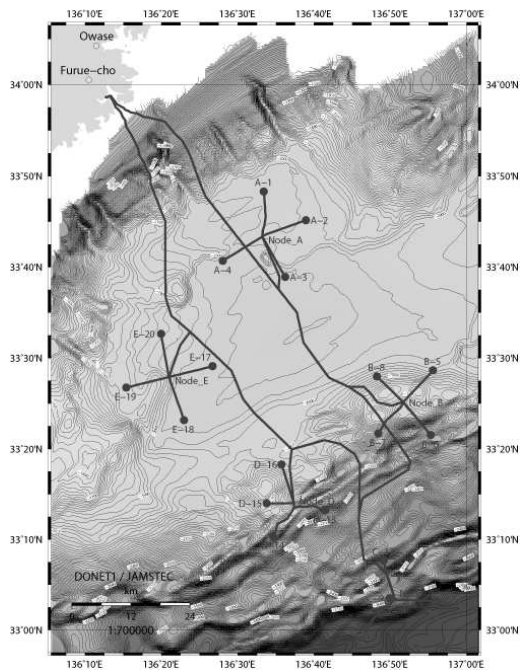


図 1 DONET 熊野灘への 20 点の展開状況

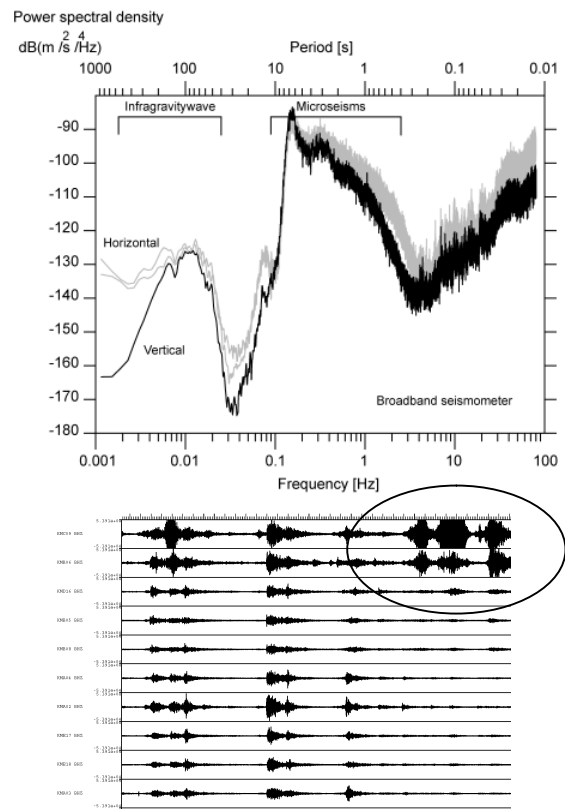


図 2(上) DONET 広帯域地震計のノイズスペクトラム

図 3(下) 3/11 に DONET 観測網で見られた微動 (丸囲い)