

N-net観測システムの特徴

最新鋭の海底地震津波観測網



巨大地震変災害研究領域
地震津波複合災害研究部門 副研究部門長
功刀 卓

はじめに

N-net^{*1}は、これまで日本で構築された、S-net^{*2}、DONET^{*3}等の各種海底ケーブル式地震津波観測網の優れた点を併せ持つ、最新鋭の観測システムとして開発されました。ここではN-netの技術的な特徴について紹介します。

システム概要

N-netは、沖合システムと沿岸システムの二つの海底ケーブルシステムから構成され、それぞれのケーブルの長さは約900km、約740kmです。ケーブルの両端は高知県室戸市、宮崎県串間市の二つの陸上局に陸揚げされています（両端陸揚げ方式）。海底に設置される装置への給電は定電流直流給電方式（約1A、約3000V）、データ伝送には光伝送方式を採用しています。沖合システム、沿岸システムともに基幹ケーブル部に18台の観測装置と2台の分岐装置が接続されています（図）。分岐装置には電流を分岐部と末端部で往復できる特殊な海底ケーブル（給電岐路ケーブル）を介して、末端には終端装置が接続されています。この終端装置には将来機能拡張するための装置を接続できるコネクタが装備されています。なお、システム内に観測装置と拡張のための終端装置の両方を備えていることは、N-netの特徴の一つとなっています。

観測装置

観測装置は、地震と津波を観測するセンサーを搭載し、観測データを陸上局に送信する機能を担っています。海底下でかかる高い圧力に耐えるために、ベリリウム銅という特殊な合金で作られています。観測装置は円

筒形をしており、地震時に回転を生じやすいため、これを防止する直方体の形状を持つ回転低減装置が備えられています（埋設点を除く）。これにより強い地震動が生じた場合にも正確な地震と津波の観測を行うことが可能です。回転低減装置は防災科研が1996年に相模湾に整備した海底地震津波観測ケーブルシステムで初めて適用したもので、今回はN-net用の観測装置に合わせて新たに開発を行いました。

地震計

観測装置内には加速度計と速度計という2種類の地震計が搭載されています。加速度計は強い揺れを計測するためのもので、最大で5G（重力加速度の5倍）に相当する加速度を計測可能です。この加速度計の方式はフィードバック型加速度計と呼ばれるものです。高い安定性を確保するため、可動部に石英ガラスを用いた製品を採用しています。加速度計は3次元の振動を計測するため、互いに直交する3成分を1組として、2組（計6台）が搭載されています。2組の搭載は、万が一の故障時にも地震観測を継続するための対策です。

速度計は微弱な揺れを計測するためのものです。速度計の方式は動電型速度計と呼ばれるもので、電子部品を用いずに揺れを電気信号に変換できる長期信頼性に優れたものです。一般に動電型速度計は傾きの少ない場所に設置しないと動作できませんが、長周期帯域における感度を低下させることで、大きな傾斜下においても動作可能となります。N-netで採用したものは、S-netにおいて、長期安定稼働の実績を持つもので、どのような傾きの場所においても動作する固有周期がごく短い動電型速度計です。長周期帯域における感度の低下は、高精度な

電圧増幅器の搭載により補っています。速度計も加速度計と同様に3成分2組（計6台）が搭載されています。

津波計

津波計としては、津波の波高に応じて発生する水圧の変動をとらえる高精度水圧計を搭載しています。従来、この目的には水晶振動子を用いた水圧計が用いられてきましたが、N-netでは新たにMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を用いたシリコン振動子式水圧計を開発して採用しています。この水圧計は小型かつ高い精度を持つため、機械的な拡大機構を必要としません。そのため地震動や設置姿勢の変化による影響を受けにくく、大きな地震動が発生した場合でも正確な津波の観測を行うことが期待されます。これは、南海トラフ地震に代表される巨大地震の発生に伴う津波を震源域の近傍でとらえる上で、大変優れた性能です。

通信方式

観測装置と陸上局との通信には、光ファイバを用いた長距離通信に使用されるSDH (Synchronous Digital Hierarchy) というネットワーク伝送規格のうち、STM-4 (Synchronous Transport Module level-4) を用います。これは同期シリアル通信と呼ばれる方式で、データ伝送を行いながら海底と陸上の間で高精度な時刻同期が可能です。N-netではSDHの持つ時刻同期の機能を利用し、海底に設置された観測装置内で、GNSS (Global Navigation Satellite System) 信号に高精度に同期した時刻源を利用可能です。この時刻源は地震データに付与する高精度な時刻情報や振動子式水圧計の計測に必要な基準周波数源として使用されます。

N-netは1システムに4対の光ファイバペアを持っています。このうち、1ファイバペアは将来的な機能拡張のためのもので、残りの3ファイバペアで観測装置のデータ伝送を行っています。データ伝送には波長多重の技術を用いています。これにより3対の光ファイバペアで18台の観測装置のデータ伝送が可能です。

データ処理

海底の観測装置から送信された地震と津波の観測データは、陸上局で処理され、防災科研や気象庁などの利用

機関に伝送されます。観測装置は室戸市と串間市の二つの陸上局に同じデータを二重に送信することで、陸上局で発生する障害の影響を受けにくくしています。陸上局内では、観測装置からのデータをマルチキャスト（同時に複数の装置が受信可能な方式）で流通させています。STM-4で構成された通信路上にIP (Internet Protocol) データを流通させることにより、観測装置と陸上局の間ではLAN (Local Area Network) と同様なネットワーク通信が可能です。

さいごに

このたび稼働を開始したN-netの技術的な特徴についてご紹介しました。N-netの整備は完了しましたが、観測されたデータを最大限に活用する努力はこれからも必要です。今後は、データ解析技術の高度化を中心に、南海トラフ地震津波防災のための研究開発に取り組んでいきたいと考えています。



図 敷設船上の観測装置（手前）と分岐装置（奥）

- ※1 N-net：南海トラフ海底地震津波観測網
- ※2 S-net：日本海溝海底地震津波観測網
- ※3 DONET：地震・津波観測監視システム