

南海トラフ海底地震津波観測網整備推進本部 副本部長

## 青井 真

あおいしん

1996年京都大学大学院理学研究科修了、博士(理学)。同年、防災科学技術研究所入所、2016年より地震津波火山ネットワークセンター長。陸海統合地震津波火山観測網「MOWLAS」(モウラス)の統括、地震や津波に関するリアルタイム防災情報の研究、波動伝播に基づく地震動の大規模数値計算手法の開発に従事。2019年より南海トラフ海底地震津波観測網整備推進本部副本部長兼務。

## 南海トラフ海底地震津波観測網 N-net

来るべき南海トラフ巨大地震を乗り越えるための新たな観測網の構築開始

近い将来に発生し極めて大きな被害をもたらすことが懸念されている南海トラフ地震の想定震源域の西半分の海域では、地震や津波のリアルタイム観測がなされていない。この観測の空白域に南海トラフ海底地震津波観測網(N-net)を構築することにより、地震動や津波の即時予測の迅速化と高精度化や、地震や津波の解明を可能とすることで地震津波災害の軽減に貢献する。

## 海域における地震津波観測網

日本は地震大国であり、防災上も研究上も地震観測が重要であるため、地震観測は古くから行われています。地震発生直後に気象庁から発表される様々な予警報や震度をはじめとする情報は、気象庁のみならず防災科研などの関係機関からのデータを一元的に解析して発表されるものです。日本における地震観測の体制は1995年の阪神・淡路大震災を教訓に大きく変わりました。この地震では6,400名以上が犠牲者となるなど、都市が近代化してから日本で起きた内陸地震としては最も被害が大きな地震でしたが、地震後ただちに事態の全体像を把握すること

が困難であるなど当時の観測体制に課題を残しました。防災科研は、この地震を契機に設置された地震調査研究推進本部(以下、地震本部)の定めた基盤的調査観測計画のもと、陸域の基盤観測網の構築を進めてきました。2000年代初頭には、高感度地震観測網Hi-net、強震観測網K-NET/KiK-net、広帯域地震観測網F-netからなる全国をほぼ均一に覆う世界的にも充実した陸域の地震観測網が完成し、高精度で信頼性の高い観測が可能となりました。

海域で起きた地震の直後に、迅速かつ精度の高い防災情報を出すには海域におけるリアルタイム観測が不可欠ですが、2011年の東日本大震災では東

日本の太平洋岸沖合における地震や津波の観測体制が不十分であったために、緊急地震速報や津波警報が過小評価となり、十分に避難を促すことができなかったことなどが多くの人命が失われる一因となつたとされています。

東日本大震災当時、いくつかの機関において海底ケーブルによる地震や津波のリアルタイム観測が実施されましたが、これら観測網のほとんどでは地震計や津波計による観測はわずか数点程度であり、稠密に空間を覆うかたちとはなつてはおらず、新たな観測体制の構築が急務とされました。このような状況を受け、防災科研は震災後から地震や津波の早期検知や情報伝達などを目的とした、千葉県房総半島沖

から北海道沖日本海溝沿いの海域150地点において地震と津波をリアルタイムで観測する日本海溝海底地震津波観測網(S-net)の整備を開始し、2017年3月に完成させました。S-netは房総沖、茨城・福島沖、宮城・岩手沖、三陸沖北部、釧路・青森沖、海溝軸外側の6つのシステムからなり、海底に設置された地震津波観測装置は総延長約5,500kmの光海底ケーブルで数珠つなぎにされています。観測点はおおむね30～60km間隔で設置されており、それぞれの観測点には地震を観測するための地震計と津波を観測するための水圧計が装備されています。

東日本大震災発生当時の日本周辺海域における面的な定常観測に向けた取組みとしては、海洋研究開発機構(JAMSTEC)が整備を進めていた地震・津波観測監視システム(DONET)が挙げられます。熊野灘沖をカバーするDONET1は当時まだ整備途中でしたが10観測点が稼働しており、2011年7月には構築を完了し全20点での

観測が開始されました。また、紀伊水道沖をカバーするDONET2もすでに整備が開始されており、東日本大震災の発生を受け整備計画が前倒され2016年3月には全51点の整備が完了し、現在は防災科研に移管され運用されています。防災科研は2017年11月より、陸域の基盤観測網に加えS-netとDONET、基盤的火山観測網(V-net)の7つの観測網の2,100を超える観測点からなる陸海統合地震津波火山観測網「MOWLAS」(モウラス)を統合運用しています(図1)。

### 南海トラフ想定震源域における観測の空白域

西日本の太平洋沖にある南海トラフ沿いでは、約100年から200年の間隔でマグニチュード8～9クラスの巨大地震が繰り返し発生し、大きな被害が生じてきました。南海トラフの地震は、トラフ全域に及ぶ断層が一度に破壊するとは限らず、前回は1944年昭和東南海地震と1946年昭和南海地震の2つ

の地震として起こりました。それから既に70年以上が経過しており、地震本部の想定によると今後30年以内に70～80%の確率で大規模な地震が発生する恐れがあるとされています。南海トラフ沿いの地震発生様式は多様ですが、内閣府によると、関東から四国・九州の広範囲にわたり最大で震度6弱～7の激しい揺れと10mを超える巨大な津波が発生し、最大で23万人の死者・行方不明者と170兆円を超える直接的な経済被害が想定されています。

図1に示すとおり南海トラフ地震の想定震源域の東半分は、DONET及び気象庁の東海・東南海沖ケーブル式常時海底地震観測システムによりカバーされていますが、西半分である高知県沖から日向灘にかけての海域は観測の空白域となっています。この空白域を解消するために、防災科研は文部科学省による補助事業として南海トラフ海底地震津波観測網(N-net: Nankai Trough Seafloor Observation Network for

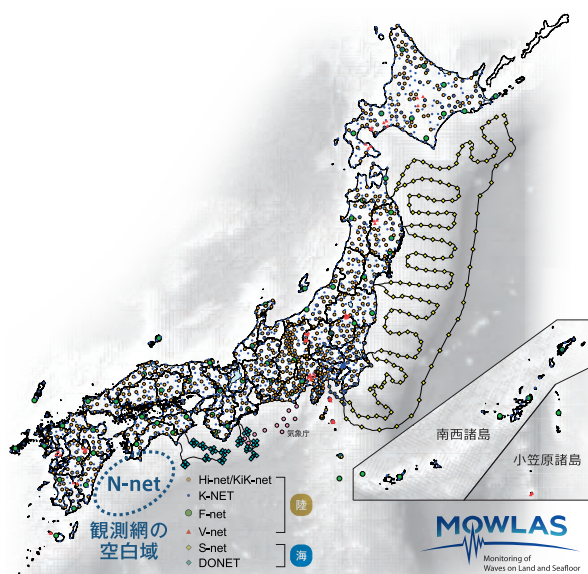


図1 防災科研が運用している陸海統合地震津波火山観測網「MOWLAS」(モウラス)の観測点配置図



図2 南海トラフ海底地震津波観測網(N-net)イメージ図



Earthquakes and Tsunamis) を構築しています(図2)。N-netは、震源域近傍において地震動及び津波を観測することで地震動や津波の即時予測の迅速化及び高精度化を可能にします。また、海域における地震活動などのモニタリングを通したプレート間の固着やすべり状況の時空間変化をはじめとする震源域における現象の詳細かつ逐次的な把握や、予測の高度化も目的としています。そして、観測結果やそれにもとづく情報の利活用を推進し社会に還元することで、巨大地震の被害軽減に結び付けることを目指しています。これまで防災科研が構築してきた観測網の多くは震災を契機に整備されてきましたが、N-netは将来発生が懸念される南海トラフ地震への備えとして整備をしています。防災科研では、理事長を本部長とする南海トラフ海底地震津波観測網整備推進本部を設置し、気象庁やJAMSTECと組織的に連携するとともに高知県や宮崎県等の地方自治体や関係漁協等のご理解とご協力をいただきながら事業を推進しています。

## N-netの観測システム

N-netは沖合システムと沿岸シス

テムの2つのシステムから構成され、各システムは18点の観測点を持ち、設置される合計36の観測装置は総延長約1,600kmの光海底ケーブルにより接続されます。N-netの観測点では、地震を観測するための加速度型強震計及び短周期速度計と津波を観測するための水圧計が筐体に納められた観測装置が海底面に設置されます。図3はS-netの観測装置の例ですが、N-netでも同様の外観の観測装置を開発する予定です。平均40km程度の間隔で設置されるこれらの観測装置は光海底ケーブルで数珠つなぎにし、高知県室戸市と宮崎県串間市に建設する陸上局に接続されます。陸上局は海底における観測データを受信するとともに観測装置へ給電を行う重要な役割を果たしています。陸上局を2局用意しデータ伝送と給電を右回りと左回りの2系統確保することで、陸上機器の故障やケーブルの切断などの際にも重要なデータがリアルタイムで得られるように冗長性を確保しています。

N-netは、S-netが採用しているインライン方式とDONETで採用されているノード方式の2つの方式を用いるハイブリッドシステムを採用し

ています。インライン方式は観測装置が基幹ケーブルに直接接続されています。工場で接続された数百kmに及ぶ一体のシステムは、専用のケーブル敷設船に積み込み一気に設置することができることから、比較的安価に広域かつ迅速に観測網を構築することができます。一方、DONETで採用されているノード方式は、基幹ケーブルだけをケーブル敷設船により敷設し、観測ノードは分岐ノードを介して分岐された先に設置された拡張分岐ノードに遠隔操作型無人機(ROV: Remotely Operated Vehicle)を用いて設置する方式です。拡張分岐ノードへは水中コネクタを介して接続されるため、新たに開発される観測機器を将来接続可能であるなど拡張性に優れています。N-netでは、インライン方式を基本としつつ、ノード方式とのハイブリッド方式を世界で初めて採用することで、広域かつ迅速に観測網を敷設可能とするとともに、拡張性も備えたシステムの実現を目指しています。

## 地震や津波の検知の迅速化

海域で起こる地震やそれに伴い発生する津波は、陸域からの観測だけでは遠方からの観測になってしまいます。N-netのように海域で観測することにより、人の住んでいる場所が揺れる前から地震発生を検知できるようになるため、迅速な警報などが可能となるなど防災上大きなメリットがあります。また、地震の観測をする際、震源により近い場所で観測することで、地震発生のメカニズムや震源過程がより詳細に分かるなど学問的な見地からも意義があります。



図3 海底に設置する観測装置(例)

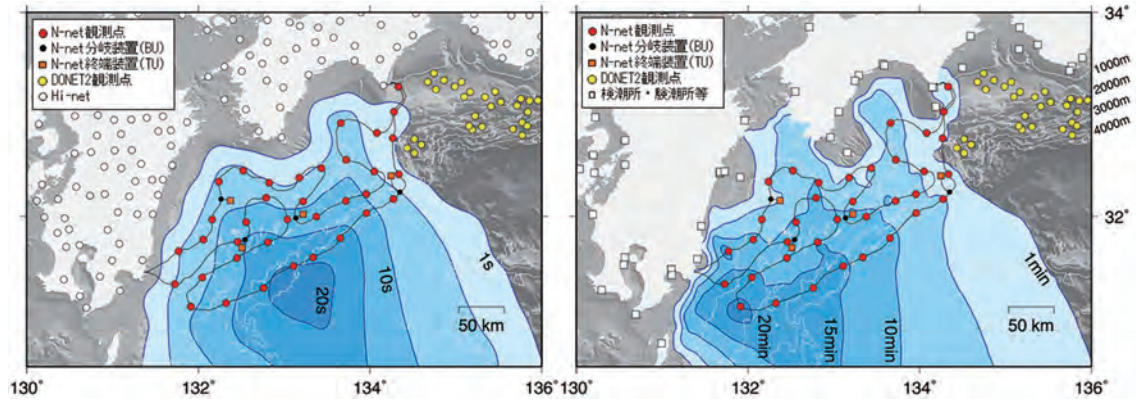


図4 N-netの有無により地震動(左図)及び津波(右図)の直近の観測点への到着時刻がどれだけ早くなるかを示すコンター図

図4(左)に示したのは、ある場所で地震が起きた際に、MOWLASの観測点に最初に地震波が到達する時刻に対するN-netの観測点が加わった際の時刻との差です。例えば、四国沖(図中で20sで示された領域)で起きた地震であれば、現在に比べ20秒程度早く地震波を検知できる可能性があります。同様に、図4(右)は、気象庁等の津波観測計や国土交通省港湾局のGPS波浪計(ナウファス)が設置されている地点に津波が到達する時刻に対するN-netを加えた観測点に最初に到達する時刻との差で、大隅半島東方沖(図中で20minで示された領域)で起きた地震に伴う津波であれば、直近の観測点への到着時刻が20分程度早まることになります。津波警報は、津波に比べ伝播速度が速い地震波の解析から推定される震源位置やマグニチュードに基づき推定された結果から、地震発生後3分程度で出されます。この段階では、発生した津波の高さは間接的に推定されたものですが、沖合で津波を観測することで、直接的に津波の発生の有無や高さを確認することが可能となるため、直接的な検知が現在に比べ早まることが期待されます。ま

た、面的に多点で観測したデータを使用することで、沿岸の津波高だけでなく津波の浸水域や浸水深の推定を可能とする技術なども開発されています。

MOWLASの観測データ同様N-netのデータもリアルタイムで気象庁に伝送され、緊急地震速報や津波警報に活用される計画です。

### おわりに

N-netは、国難災害ともいべき震災が想定されている南海トラフ地震を日本が乗り越えるための、いわば守護神的なシステムとして構築されるものです。南海トラフ想定震源域の西半分に広がる地震や津波のリアルタイム観

測の空白域を解消することで、地震動や津波の「一秒でも早い予測」と「一分でも早い避難」の実現により、震災軽減に貢献するものです。

N-netの開発・整備は2019年にスタートしました。これまでに、ケーブルの敷設に適した海域を確定するための海洋調査を終え、ケーブルルートが確定しました。また、海底に設置する観測装置を接続する海底ケーブルを陸揚げするための誘導式水平ドリル工法による管路の工事(図5)にも着手しています。今後、様々な機器の開発や製造、陸上局の工事などを着実に進め、ケーブル敷設を経て、早期の完成とMOWLASの新たな観測網としての運用開始を目指しています。



図5 宮崎県串間市における工事風景