

# シリーズ「新・強震観測の最新情報」

## (第19回) 地震・津波観測監視システム (DONET)

国立研究開発法人 防災科学技術研究所 高橋成実

### 1. はじめに

南海トラフ地震は最悪のケースではマグニチュード(M)9クラスになるとされ、甚大な被害が想定されている<sup>1)</sup>。この南海トラフ地震への備えの一つとして、海底における地震津波観測網が南海トラフ熊野灘と紀伊水道沖に展開された。それが地震・津波観測監視システム (DONET) である<sup>2),3)</sup>。DONETは海洋研究開発機構で開発され、現在は防災科学技術研究所で運用されている。本稿では、このDONETの詳細について紹介する。

### 2. 目的

南海トラフでは過去に100-200年間隔で繰り返しM8クラスの地震が発生していることが知られている。過去2回の1944年昭和東南海地震と1946年昭和南海地震、1854年の安政東海地震と南海地震では、東南海エリア側で発生し、その後、南海エリア側で発生したパターンが見られている。地震や津波を早期検知し、防災に活かすことを目的

として、DONETは初期破壊の場所である南海トラフ熊野灘と紀伊水道沖に設置された(図1)。

南海トラフでは一般に地震活動度が低いとされていた。巨大地震発生の準備過程を捉えようとすれば、陸域の観測網では検知できない小さい地震を捉えること、通常の地震活動とは異なる周期の信号を捉えることが求められる。つまり、微小地震を捉えるために観測点密度を高くし、通常地震観測に加えて、地殻変動、スロー地震、強震動、津波といった広帯域の現象を捉えるために、多様なセンサーを用意することになる。

次の南海トラフ地震の発生が数年から数十年先であるとすれば、その間には、多くの科学的な進捗が期待できる。センサーの性能はもとより、地殻の動きをシミュレーションする技術、新たな海底観測技術など、その時点で適用される先端的研究成果を取り込み、観測網自体も進化する形が望ましい。その場合、観測点の位置の最適化や観測点数の増大など、多様な要請に対応できる拡張性を維持する

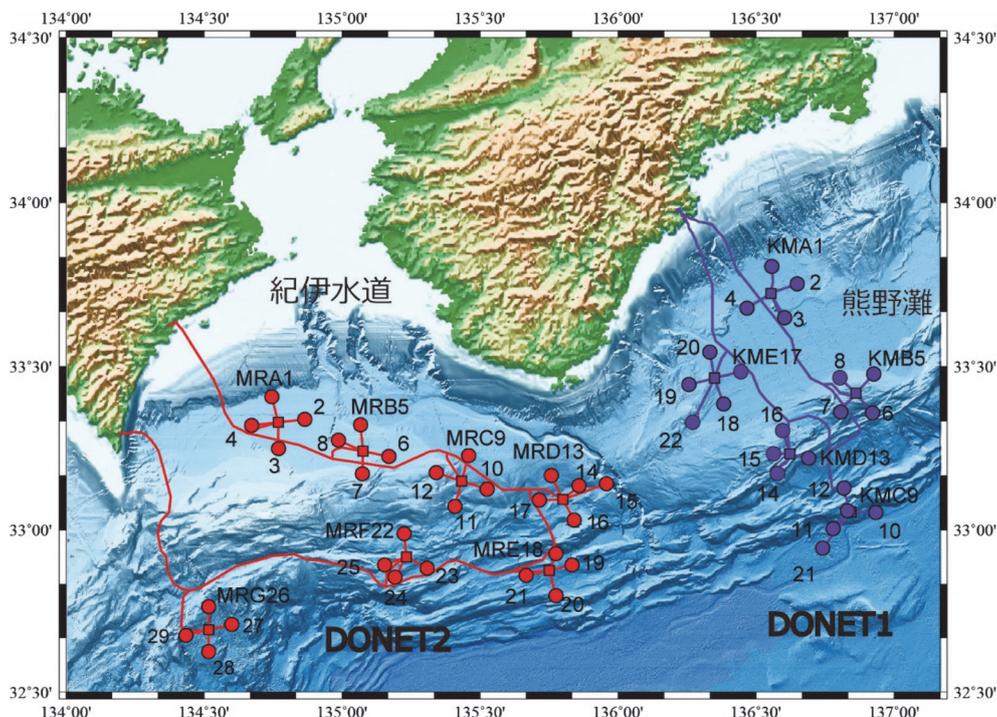


図1 DONETの展開図。四角と丸はそれぞれ拡張用分岐装置と観測装置を示す。熊野灘と紀伊水道沖のシステムをそれぞれDONET1, DONET2としている。

が必要になる。この拡張性と後述する置換性の確保の観点から、DONETでは水中コネクタを利用したノード型と呼ばれる海底ケーブル式の観測体制をとることに決定した。

## 2.1 全体概要

DONETは、陸上局から敷設される基幹ケーブル、分岐装置、分岐給電岐路ケーブル、拡張用分岐装置、展張ケーブル、観測装置から構成されている(図2)。拡張用分岐装置の各ポートに約1Aの定電流を流すシステムで、障害が発生すると両端からの給電電圧が変化して電流を一定に保つ。陸上局では、基幹ケーブルで伝送されてきた光信号をデジタルデータに変換し、フィルタリングやデシメーションを行ってパケットが作成される。そのパケットを即時的に複数箇所に伝送している。

## 2.2 コンセプト

少なくとも次の南海トラフ地震が発生して収束するまでの数十年間の観測を継続することを狙っている。南海トラフ地震は連動発生する可能性があるため、最初の地震で障害が発生してデータ欠測すると次の地震が捉えられなくなる。障害自体のリスクをできるだけ減らし、障害が発生してもしばらく観測を継続することができ、その猶予時間中に故障箇所を修理できることが、DONET全体のデザインであった。

そのために必要な要素は、信頼性、冗長性、置換性、拡張性である。信頼性を確保するため、通信用に使用され多くの実績を有する海底ケーブルに加え、各部の電子部品やコネクタなどにも検討が及んだ。基本的に、ケーブル敷設船による設置範囲内で十分な信頼性を確保し、将来部品の交換が想定される拡張用分岐装置や観測装置は、海中ロボットにより設置・回収する体制をとっている。冗長性は、海底ケーブルの両端陸揚げによる両端給電と、拡張用分岐装置での両端側へのデータの二重伝送で維持されている。仮に1ヶ所でケーブルが切断されても、観測点への給電とデータ回収を継続できる。事前検討で最も故障率が高い要素はセンサーであった。センサーが故障あるいは陳腐化すれば、センサーを置換しつつ、観測網の検知能力を維持することができる。拡張性は、多様な海底観測技術や先端的な研究成果からの要請に答えるためのものである。海洋研究開発機構では、ひずみ計や間隙水圧計、ジオフォンなどから成る孔内計測システムを開発、より微弱な地殻内の動きを捉えることに成功した。面的に展開するDONETに加え、2014年4月に発生した三重県南東沖の地震発生後の地殻内間隙水圧の時空間変化や、低周波微動や超低周波地震の発生を捉えている。

## 2.3 センサー

地殻変動から強震動までの広帯域な観測と、微小地震をも捉える高ダイナミックレンジの観測を実現するために、

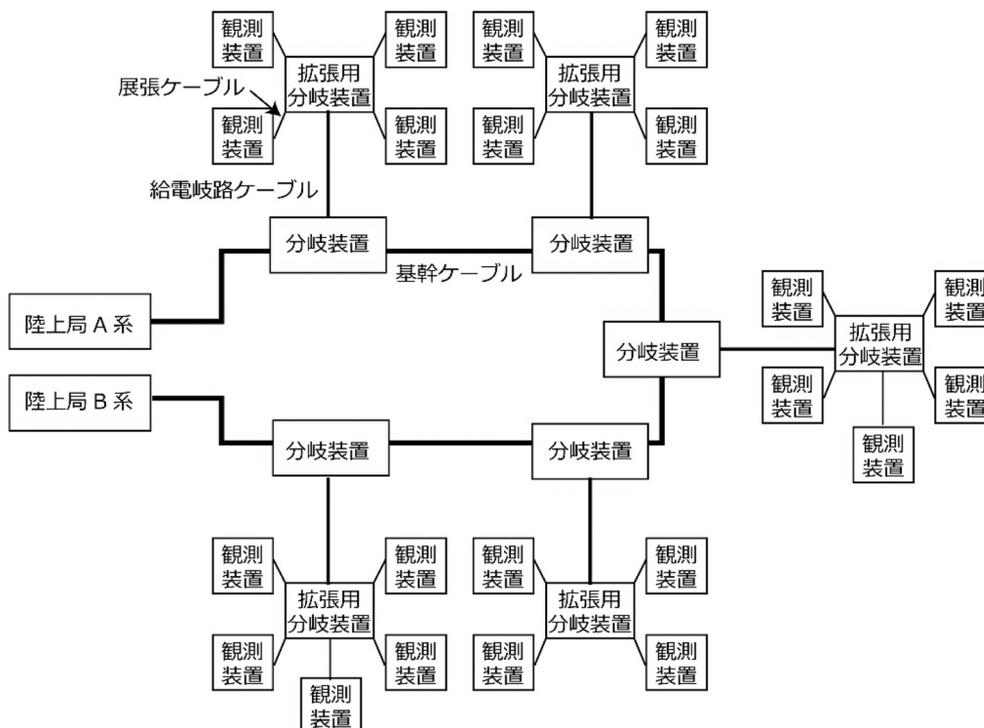


図2 DONET概念図. 現在のDONET1の例.

DONET では全ての観測点に対し、地動センサシステムと圧力センサシステムの2システムを導入している。前者は、ジンバル機構の上に広帯域地震計と強震計が備えられている。圧力センサシステムは、水晶水圧計、精密温度計、ハイドロフォン、微差圧計が備えられている。これらのセンサーは互いに周波数帯域がオーバーラップし、様々な現象を捉えるための冗長性も有する。サンプリング周波数は、10Hzの水晶水圧計、1Hzの精密温度計以外は200Hzをベースとした。但し、陸域連携の観点から、各機関とデータ共有している強震計と広帯域地震計は100Hzサンプリングデータも用意した。

地動センサシステムは高さ約1メートルの筐体に収められるが、海底に設置孔をあけ、海中ロボットにより孔内に埋設している。南海トラフ域の海底は柔らかい堆積物で覆われるため、数メートルのコアを採集し地盤の強度を確認した上で、地動センサシステムを埋設している。埋設によりノイズ低減を実現したことが確認されている。

### 3. データ

DONETは2010年3月に最初の観測点が構築され、順次拡大、2016年までに構築を終え、全51観測点の観測体制が開始された。これまで、2011年東北地方太平洋沖地震と地震発生後の地震活動の活発化や南海トラフ浅部で活発化した低周波微動と超低周波地震の震源移動など、日本周辺で発生する様々な地殻活動現象を捉えてきた。DONET

設置海域で発生した大きな地震は2016年4月1日に発生した三重県南東沖の地震(Mj 6.5)である。

この地震はDONET1のEノード観測点直下で発生した地震であった。プレート境界近傍で本震が発生、その後約10km北側で余震が発生、孔内計測システムでは震源近傍からトラフ軸方向に間隙水圧の変化が移動する姿が捉えられ、トラフ軸近傍では低周波地震が活発化した。また強震動と同時に水晶水圧計には数cmの津波も観測された(図3)。強震計記録では、地震発生前後の波形にオフセットが観測されている。このオフセットの原因は様々考えられるが、海底での液化も原因の一つではないかと考えている。それは、一部の水圧計に他の水圧計の比べて有意に大きなオフセットが観測されたためである。柔らかい堆積物上に設置されている観測点は、強震動だけではない要素が記録されることがある。海底観測の特徴を把握した上でのデータ解析と解釈が欠かせない。

### 4. さいごに

DONETデータは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・注意報の発表に使用されている。加えてJR東海とJR西日本にもリアルタイムで強震計記録を伝送し、強震発生時の新幹線の緊急停止にも利用されている。更に、海洋研究開発機構と防災科学技術研究所は海底観測網を用いた津波即時予測システムを連携して開発・運用しており、和歌山県や三重県、インフラ事業者

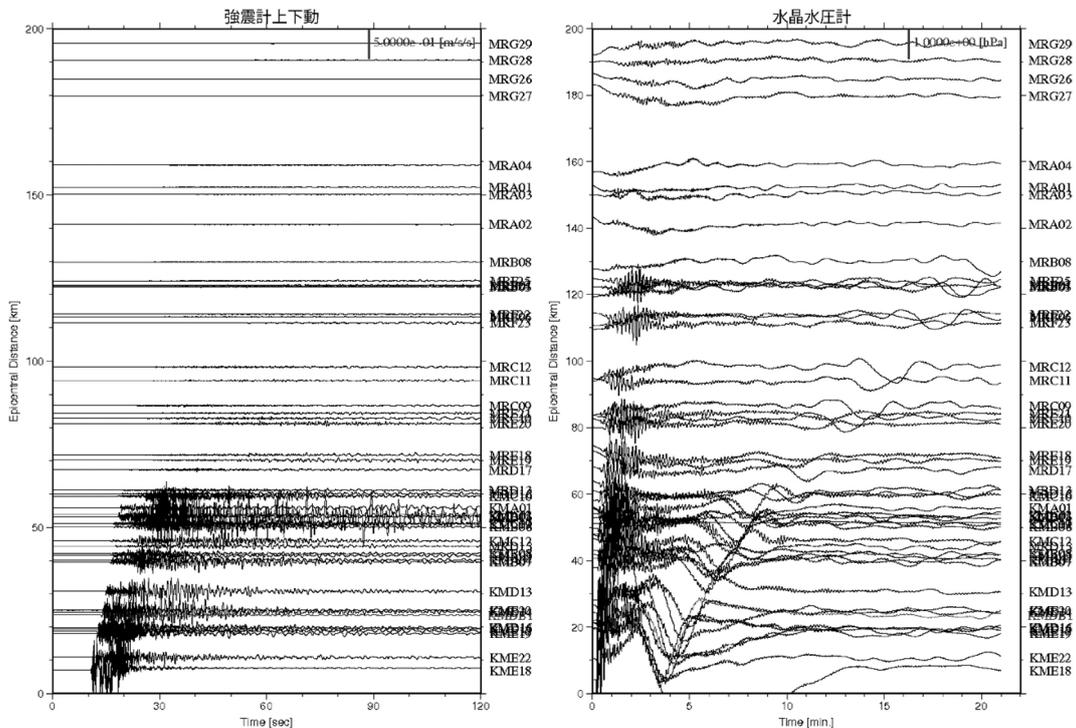


図3 2016年三重県南東沖の地震の記録例。左：強震計上下動。右：水晶水圧計。

伝送され、各所での利用方針に合わせた DONET データの即時利用が行われている。今後も、様々なデータ活用を進めていきたい。

なお、DONET データは、移管された 2016 年 4 月以降の強震計、広帯域地震計、水圧計、精密温度計のデータを防災科学技術研究所の海域観測網のホームページで公開している (<https://www.seafloor.bosai.go.jp>)。データポリシーや利用要領を確認の上、研究その他に役立てて頂きたい。

#### 参考文献

- 1) 内閣府, 2012, 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告) ー津波断層モデルと津波高・浸水域等についてー, <http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/>
- 2) Kaneda, Y., K. Kawaguchi, E. Araki, H. Matsumoto, T. Nakamura, S. Kamiya, K. Ariyoshi, T. Hori, T. Baba, and N. Takahashi, 2015, Development and application of an advanced ocean floor network system for megathrust earthquakes and tsunamis, in “Seafloor Observatories” ed. by P. Favali et al., Springer Praxis Books, pp. 643-663, [https://doi.org/10.1007/978-3-642-11374-1\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-642-11374-1_25).
- 3) Kawaguchi, K., S. Kaneko, T. Nishida, and T. Komine, 2015, Construction of the DONET real-time seafloor observatory for earthquakes and tsunami monitoring, in “Seafloor Observatories” ed. by P. Favali et al., Springer Praxis Books, pp. 211-228, [https://doi.org/10.1007/978-3-642-11374-1\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-642-11374-1_10).