

12 - 8 防災科学技術研究所が運用する地震津波海域観測網 -DONET & S-net- Seafloor network systems for earthquakes and tsunamis operated by NIED, -DONET & S-net-

高橋 成実 (防災科学技術研究所)

Narumi Takahashi (National Research Institution for Earth Science and Disaster Resilience)

日本列島は太平洋プレートとフィリピン海プレートの沈み込みを受け、これまでに多くの海溝型地震によって甚大な被害を被ってきた。近年になって、このプレート境界に沿った様々なすべり現象が捉えられてきているが、これらの現象をより正確に把握するためには、海溝型地震を引き起こす日本列島の前弧域下、すなわち海域観測を通じたモニタリングが重要である。巨大地震発生前から発生後に至るプレート境界近傍の地震活動や地殻変動の時空間分布の変遷を捉えることを念頭に、海域に大規模な観測網が構築されている。一つは南海トラフに構築された地震・津波観測監視システム (DONET) であり、千葉県沖から北海道沖の日本海溝から千島海溝沿いに構築された日本海溝海底地震観測網 (S-net) である。これらの観測網の現状について報告する。

DONET は東南海地震破壊域周辺に DONET1 として 22 点、南海地震破壊域周辺に DONET2 として 29 点、合計 51 点の観測点から構成され、4 観測点ないし 5 観測点ごとに拡張用ノードに接続されたノード型方式の観測網である^{1),2)}。各観測点には、地動センサーシステムとして強震計と広帯域地震計、圧力センサーシステムとして水圧計と精密温度計、ハイドロフォン、微差圧計が装備され、複数のセンサーによる広帯域な観測を実現している。地動センサーシステムとしては 0.001 Hz 以上の地震波を、圧力センサーとしては、周期 1 日以下の地殻変動をはじめ、津波や長周期地震動、通常の地震活動を捉えることを目的としている。DONET2 は平成 27 年度末に完成し、今年度になって、DONET1 の観測点増強と DONET2 の地動センサーシステムの埋設が完了した。震源や波源の位置にもよるが、地震動で最大 15 秒、津波で 15 分の早期検知が期待されている。これまでの観測から、おおむねマグニチュード (M) 1.5 以上の地震を捉えられていることがわかっている。昨年度の 4 月 1 日には三重県南東沖の地震が発生した。E ノード周辺の海域下で発生した地震であったが、プレート上面で発生した本震とそれに伴う数 cm の津波と地殻変動、10 km 離れたところで発生した余震活動、数 10 km 海側で発生した超低周波地震を記録した³⁾。これまでも数か月の周期のゆっくりすべり等を記録しており⁴⁾、様々な海底下の現象を的確に捉えている。昨年度 6 月にノード E 周辺に設置した終端装置が故障し、E ノードに接続された 5 観測点が休止中である。終端装置の入れ替えに備えて、ROV (remotely operated vehicle) を用いて終端装置につながる給電岐路ケーブルとアイドルケーブルに重なる展張ケーブルをさばき、直ちに修理できる環境を整えた。なお、E ノードは回収し、健全性を確認した。現在、DONET データは気象庁にリアルタイムで伝送され、津波警報・注意報や一部は緊急地震速報に利用されている。また、DONET データをリアルタイムで伝送し、即時的に津波を予測するシステムの実装を進めている⁵⁾。既に和歌山県や三重県、尾鷲市、中部電力でこのシステムを使用している。

S-net は、房総沖から東北沖を経て北海道沖までの広い範囲に展開したインライン型の海底観測網で、房総沖の S1 (22 観測点)、茨城・福島沖の S2 (26 観測点)、宮城・岩手沖の S3 (26 観測点)、三陸沖北部の S4 (28 観測点)、青森・釧路沖の S5 (23 観測点)、海溝軸外側の S6 (25 観測点) の 6 つのサブシステムから構成される。観測点数は合計 150 観測点、総ケーブル長は 5700 km にも及び、

世界最大の海底観測網と言える^{6),7)}。S1 から S5 までは平成 27 年度中に構築され、S6 は今年度に入り構築を終了した。各観測点には、水圧計が 2 セット、5G と 2G まで測定できるサーボ型加速度計各 1 セット、2G まで測定できる水晶振動式加速度計、速度計が組込まれている。同様、震源や波源の位置にもよるが、地震動で最大 30 秒、津波で 20 分の早期検知が期待されている。S-net は東西方向に約 30 km、南北方向に約 50-60 km 間隔で設置されている。これは M7.5 以上の地震が発生した場合、少なくともその破壊域に 1 点は観測点が分布することを念頭に置いている。これまでの観測では、おおむね M1.5 以上の地震を捉えていることを確認しており、1 か月あたり 3000 個以上の地震を S-net は検知している。日本海溝域では S-net を設置してから、いくつかの M6-7 クラスの地震がいくつか発生した。2016 年 8 月 20 日から 21 日にかけて 1993 年の三陸はるか沖地震の震源域内で M6 クラスの地震が 4 つ発生、S-net ではそれぞれの余震も観測した。逆断層のメカニズムを持つ最大の地震 (M6.1) では、数 cm の津波も記録していた。9 月 23 日には関東東方沖の三重会合点の西側で M7 クラスの地震が太平洋プレート上面で発生、北西側に余震が移動する様子を捉えた。11 月 22 日には福島県沖において M7.5 の地震が発生、本震と余震の分布から南東方向に傾く断層面が特定でき、本震から南西方向に余震が拡大する様子も明らかになった。また、この地震では、数 10 cm の津波が発生し、直達波と海岸で反射した津波を観測した。このように、活発な日本海溝沿いの地震活動の時空間分布を捉えることと数 cm の津波の観測にも成功している。観測した津波波高分布は、地震データから作成した震源メカニズムによる断層モデルで計算した理論波形と合致していることも確認した。一方で、地殻構造の重要性も明らかになった。正確な震源決定を行うためには、海域の地殻構造と観測点補正を適切に設定する必要がある。現在、データの品質確認中であるが、地震計と水圧計データは気象庁に伝送しており、津波警報・注意報発令に使用中である。防災科学技術研究所 (以下、防災科研) では加速度データを鉄道事業者へ伝送し、鉄道の安全運航に貢献する取り組みを進めている。さらに S-net の最も大きな特徴である広域性に着目して刻々と変化する津波波源を特定し、即時的に津波を予測するシステムを開発中で⁸⁾、今後実装モードに移行する予定である。

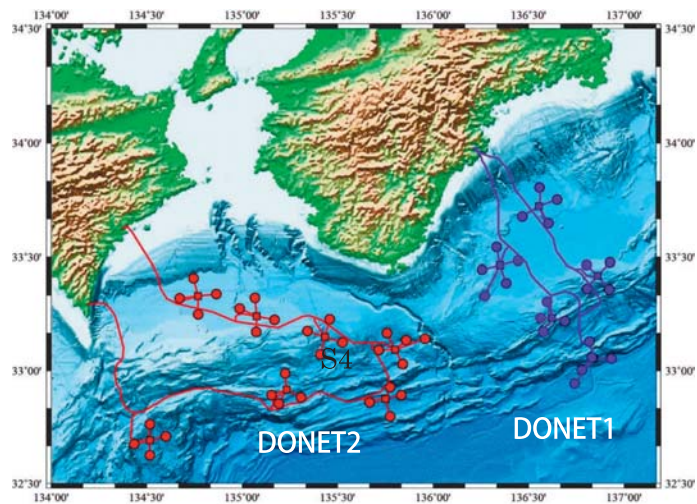
DONET は開発した海洋研究開発機構から防災科研に移管され、S-net はようやく構築が終了したところである。データの品質確保とスムーズな運用検討に取り組んでおり、データの公開と利活用を今後さらに進める。

参考文献

- 1) Kaneda, Y. et al. (2015), Development and application of an advanced ocean floor network system for megathrust earthquakes and tsunamis, Seafloor observatories, In: Favali, P. et al. (eds.), Springer Praxis Books, pp. 643-663, doi.org/10.1007/978-3-642-11374-1_25,
- 2) Kawaguchi, K. et al. (2015), Construction of the DONET real-time seafloor observatory for earthquakes and tsunami monitoring, Seafloor Observatories, P. Favali et al., Springer Praxis Books, doi 10.1007/978-3-642-11374-1_10, pp. 211-228.
- 3) Wallace et al. (2016), Near-field observations of an offshore Mw 6.0 earthquake from an integrated seafloor and subseafloor monitoring network at the Nankai Trough, southwest Japan, J. Geophys. Res., doi:10.1002/2016JB013417.
- 4) Suzuki et al. (2016), Synchronous changes in the seismicity rate and ocean-bottom hydrostatic pressures along the Nankai trough: A possible slow slip event detected by the Dense Oceanfloor Network system

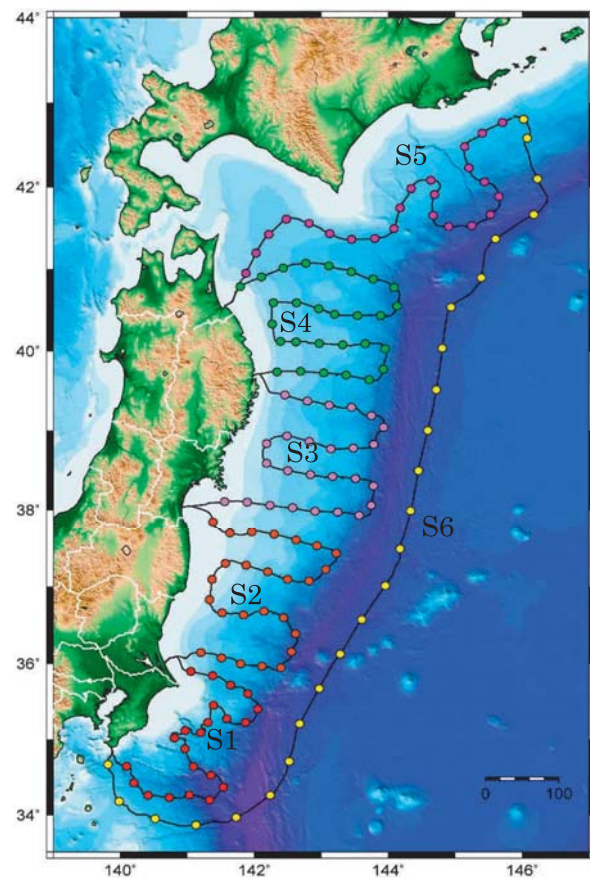
for Earthquakes and Tsunamis (DONET), *Tectonophysics*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2016.05.012>.

- 5) Takahashi et al. (in rev.), Real-time tsunami prediction system using DONET, *J. Disaster Res.*
- 6) Uehira et al. (2016), Outline of Seafloor Observation Network for Earthquakes and Tsunamis along the Japan Trench (S-net), EGU General Assembly 2016, EGU2016-13832.
- 7) Mochizuki et al. (2016), S-net project: Construction of large scale seafloor observatory network for tsunamis and earthquakes in Japan, AGU Fall Meeting, NH43B-1840.
- 8) Yamamoto et al. (2016), Multi-index method using offshore ocean-bottom pressure data for real-time tsunami forecast, *Earth Planet. Space*, doi 10.1186/s40623-016-0500-7.



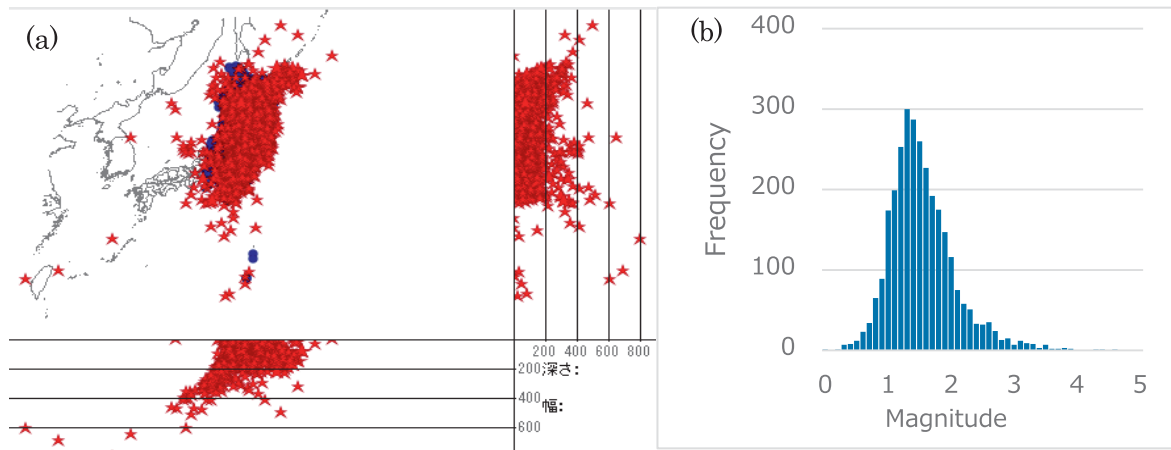
第1図 DONET観測点マップ. DONET1は青, DONET2は赤で示す. 四角は拡張用ポート, 丸印は観測点の位置を示す.

Fig.1 DONET map. DONET 1 and 2 are shown by colors of blue and red, respectively. Squares and circles show locations of nodes and observatories, respectively.



第2図 S-netの観測点マップ. 丸印は観測点の位置を示す.

Fig.2 S-net map. Circles show locations of observatories.



第3図 S-netによる自動震源決定。(a) 震源分布。星印が震源の位置を示す。(b) マグニチュード頻度分布。

Fig.3 Seismic activities detected automatically by S-net. (a) Hypocenter distribution. Stars indicate locations of hypocenters, (b) Magnitude-frequency profile.