

地震・津波の観測と来るべき巨大地震に備えて

独立行政法人海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクト 高橋 成実

1. 日本周辺をとりまく地学的環境

日本列島は東から太平洋プレートが沈み込み、南からはフィリピン海プレートが沈み込む「沈み込み帯」に囲まれている。この沈み込みによるプレート間のこすれあいで地震が発生する。このような環境が日本周辺に頻繁に地震をもたらす。

地震を引き起こす場としての応力と、それによるひずみの蓄積がどこまで及んでいるか、という定量的な議論になると、そう簡単ではない。陸上では国土地理院運用のGPS連続観測システムにより地殻変動が測定されている。しかし、日本周辺をとりまく地学的現象、とりわけ次章で述べる海溝型地震の破壊域は海域にある。事前にすべりの領域が特定されていない現状では、これらのデータだけで海溝型地震の全体像を把握することは極めて困難である。

2. 海溝型地震

日本周辺で発生する地震発生のパターンはおよそ3つに分けられる。一つ目は、東北地方太平洋沖地震のようなプレートとプレートの間で発生する逆断層タイプのメカニズムを持つ地震である。二つ目は兵庫県南部地震のように直下型と呼ばれる地殻内に発達する活断層で発生する地震である。三つ目は1933年の三陸地震のように沈み込むプレートが破壊されることにより、プレート内で発生する正断層のメカニズムを持つ地震である。

特に一つ目の海溝型地震は破壊域が広域に亘り甚大な被害をもたらす。しかもその破壊域のほとんどは海域に分布するため未だ解明されていない部分も多い。プレート間の固着、高速すべりを伴う地震発生、余効変動と呼ばれるゆっくりすべり、再固着といったパターンを繰り返すが、その状態を把握できていない。破壊域の中の一部がアスペリティ(固着する場所)となり、ひずみを支えている。そのアスペリティの広がりには地域性があり、100%固着しているわけでもなく、すべり量も一様ではない。

上記のような複雑な振る舞いは、モデル化されて

計算機上で再現されつつある。1000年規模で長い間隔で発生する超巨大地震と、その間でやや小さい規模でやや短い間隔で発生する地震、更にもう少し小さい規模で更に短い間隔で発生する地震というように、地震の繰り返し発生のパターンには階層性が存在する(Hori and Miyazaki, in Press)。このことは、想定されている巨大地震の地震断層の広がりや再検討すべきであることを示唆する。

3. 地震・津波観測

(独)海洋研究開発機構(JAMSTEC)では、100～200年間隔で繰り返し海溝型巨大地震が発生する南海トラフ沿いの調査研究を1997年頃から進めてきた。破壊域はいくつかの領域に分かれて分布し、それらが連動して地震が発生する(Ando, 1975)。この破壊域を規定する構造要因を探ると、プレート境界には、巨大海山や凹凸があったり歪んでいたり多様性に富み、構造の地域性や特殊性が見えてきた。

これらの調査研究による地殻構造を3次元的にモデル化し、プレート間の摩擦係数を構造探査結果に基づき仮定して、プレートの沈み込みを計算機上で再現する。すると、100年前後の間隔で、まず固着がはがれて東南海地震が発生し、その後の余効変動が東に伝播して時には東海地震を引き起こし、その後、西へ伝播して南海地震を引き起こす様式が見えてきた(Hori, 2006)。この東南海地震発生後に南海地震が発生する様式は、昭和と安政の東南海/南海地震と一致する。しかし、両地震間の時間間隔は前者で2年、後者で30時間であり、この間隔のモデル化までは至っていない。固着から地震発生に至るゆっくりすべりや地震発生後に近隣に伝播する余効すべりを観測・監視することは防災の観点でも非常に意義がある。これらの地殻変動や地震活動度の変化など、地震発生のパターンをあらゆる角度から検証することが必要である。

JAMSTECは、地震や津波の早期検知と地震津波発生モデルの高度化を主目的として、東南海地震の

破壊域に地震津波観測監視システム(DONET)を構築している(図1)。尾鷲市の古江陸上局からループ状のケーブルを展開し、5か所に拡張用分岐装置を設け、それぞれ4観測点を接続、計20観測点を設置する。DONETには、地震前後のゆっくりすべり、地震時の高速すべり、地震後の余効すべりなど、一連の地殻変動やその変動の伝播を観測できること、地震前後の地震活動度の変化を検知するため巨大地震のみならず微小地震も振幅をふりきることなく観測できること、伝播する津波の到達時刻や振幅を即時的に監視できることが求められる。

そのためには、ゆっくりとした変動から細かい振動まで幅広い帯域と信号レベルに応じた高いダイナミックレンジが必要である。DONETのすべての観測点は、強震計と広帯域地震計、微差圧計、ハイドロフォン、水晶水圧計、精密温度計を備えている。これらの複数のセンサーを使用して、あらゆるタイプの信号に対応する。また、地震が発生するとしばしば海底地滑りが発生しケーブルを切断することもあり得る。メインケーブルをループ状に設置し、1か所切断されても観測が継続できるよう冗長性を確保した。更に、センサーや中継機も劣化し得るため、故障時には装置を交換できる置換機能も持つ。観測点の増設やより高精度なセンサーへの交換など、柔軟に対応できる拡張性も確保している。

2011年6月の段階では17観測点の構築を終え、8月末までには全20観測点を構築し終える予定である。記録は良好で、陸上からでは検知できないマグニチュード1前後の微小地震も観測している。これらの微小地震は、南海トラフ先端部でクラスタを形成していることもわかってきた。2010年12月21日の父島沖の地震では1cmの微小津波も水晶水圧計や微差圧計で検知できた。強震計と広帯域地震計、水晶水圧計(予定)のデータは、緊急地震速報や津波警報に利用できるよう気象庁と(独)防災科学技術研究所に伝送されている。

4. 現実的な防災対策へ

DONET観測点は、東南海地震破壊域の中でもトラフ軸近傍まで分布する。そのため、東北地方太平洋沖地震のように海側に破壊域が広がっても早期に地震や津波を検知できる。昭和の東南海地震と同海

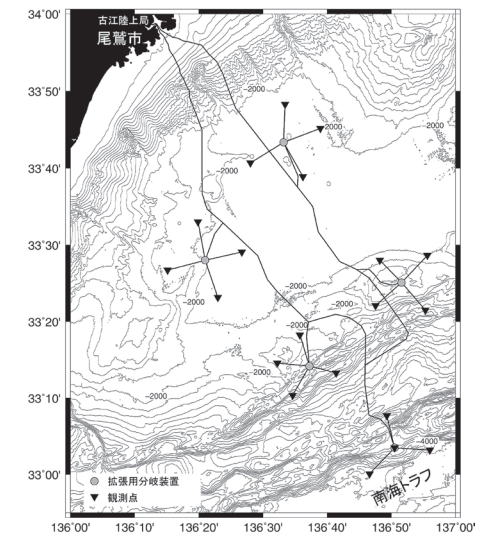


図1 DONET配置図

域で地震が発生すると、尾鷲市では地震動が3秒程度、津波が10分程度早く検知することができる。

しかし、DONETだけでは南海地震に備えることはできない。現在、潮岬～室戸岬間の海域に計29観測点を設置するDONET2プロジェクトを進めている。Hori(2006)によれば、東南海地震の発生直後のゆっくりすべりが潮岬の南側を回り、南海地震の破壊域に伝播、地震を引き起こすとされている。東南海地震直後から南海地震直前のゆっくりすべりの伝播の監視が鍵になる。

解析システムとして、自動的に震源メカニズムを決めて強震動を予測、震源メカニズムから波動伝播で津波高を予測するシステムを構築中である。しかし、破壊域と隣り合わせの場所では、この計算時間すら避難に必要なかもしれない。津波は水深が浅くなると振幅が高くなる上、海岸線の複雑な形の影響を受け、第2波以降で高くなるケースもある。事前に計算して、津波襲来のパターンを知っておくことが大切である。あらかじめ津波の増幅率を計算しておき、地域住民の方々にもセミナー等を通じた意識啓発活動を進め、DONETの波形から直ちに避難場所の標高を判断できるしくみを検討している。

参考文献

- 1) Ando, M (1975), Tectonophysics, 27, 119-140.
- 2) Hori, T (2006), J. Earth Simulator, 5, 8-19.
- 3) Hori, T. and S. Miyazaki (in Press), EPS.