

# 地震津波観測網を活用した津波即時予測技術開発 ～津波の即時予測の実現にむけて～



国立研究開発法人 防災科学技術研究所 青井 真

## 1 はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）は、M（マグニチュード）9という日本周辺では有史以来最大級の地震であり、東日本の広い範囲で最大30mを超える大きな津波に襲われ、死者・行方不明者は2万人を超えました。このような大きな津波が発生した際には可能な限り早く避難することが人的被害を軽減するためには何より重要であり、日頃からの津波に対する備えに加え、迅速な津波情報の適切な提供により避難が促されることにより多くの人命が救われることが期待されます。本稿では、防災科学技術研究所（以下、防災科研）により東日本の太平洋沖合に設置が進められている海底地震津波観測網と、そのデータを用いて沿岸津波波高だけでなく津波の遡上（海岸から内陸へかけ上がること）まで即時予測するためのシステムの研究開発について紹介します。

## 2 背景：新たな津波即時予測手法の必要性

気象庁による津波警報・注意報は現在、地震発生後約3分を目標に発表されていますが、これは主に陸域における地震観測データを用いて、最初に地震の情報（位置・深さ・規模など）を推定し、その情報から予測した沿岸における津波高に基づいて出されます。これまでは沖合における海面の上下変動（＝津波）を直接的に観測することは出来なかったため、陸から離れた場所で発生する津波や大地震に伴う津波などに関しては正確な予測が難しく、実際に沿岸に到達する津波高さが予測と大きく異なることがありました。東日本

大震災では、巨大な地震であったにもかかわらず3分後という早いタイミングで津波警報の第一報が出されています。一方、予測された津波波高に関しては、大幅に過小評価されたM7.9という地震規模をもとに津波の予測がなされたため、最大波高が6mというきわめて過小なものにとどまりました。また、警報が更新されたのは地震発生後約30分が経過し沖合（沿岸から10km程度）で実際に大きな津波が観測されてからでした。

現在の津波警報・注意報は単に沿岸における津波の到達予想時刻と予想される津波の高さのみが対象となっているため、ある場所（例えばあなたの家や今いる場所）に実際に津波がやってくるかどうかは分からず、津波が見えてから慌てて避難をしたり、逃げ遅れてしまったという事例が多く報告されています。我々の研究では、沖合で直接津波を捉えることで沿岸での津波の高さだけでなく遡上の状況を津波検知後数分以内に予測する技術を開発しています。また、これらの観測や予測の結果を分かりやすく可視化するとともに配信する技術についても開発をすすめており（図1）、「自分の場所まで津波が来る！」という避難につながる情報を提供する技術の実現を目指しています。

## 3 新たな観測網：日本海溝海底地震津波観測網 S-net

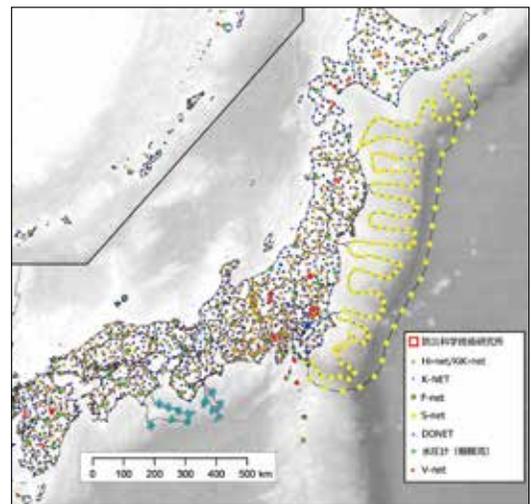
陸域においては、1995年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）の際に初動に資する地震情報を迅速に出すことができなかった反省から、防災科研により全国に約2,000観測点からなる大規模かつ稠密な地震観測網（図2）が構築されました。一方、これまで海域において

は陸域に比べ観測が手薄で、このことが津波の正確な予測が困難であった理由の一つとしてあげられます。このような状況を打開するため、防災科研では海域で直接地震や津波を観測することを目的に、東日本の太平洋沖合に世界でも類を見ない大規模かつ稠密な観測網（図2）である日本海溝海底地震津波観測網（S-net）を現在構築しており、海底に敷設された総延長約5700kmにもおよぶケーブルに接続された150地点に海底地震計及び津波計（水圧計）を設置しています。従来から手厚い観測体制が構築されていた陸域から海域に向かって観測網を200km以上延伸し、より震源に近い場所で地震や津波を捉えることで、地震を最大30秒程度、津波を最大20分程度早く検知できるようになり、猶予時間が増すことが期待されています。S-netは2016年2月よりその一部で観測が開始されており、7月からは気象庁の発表する津波情報にも活用されています。また、本研究が目指す津波遡上の即時予測は、このような広域かつ稠密な沖合における観測データがリアルタイムで得られることで初めて実現可能なものとなります。

#### 4 津波即時予測技術開発及びプロトタイプシステムの構築

津波が陸域のどこまで遡上するかを予測す

るためのコンピュータシミュレーションは計算量が膨大であるため非常に時間がかかります。津波が発生した後に計算を始めたのでは通常は間に合わないため、様々な地震を想定しそれらに対し津波遡上のシミュレーションを行うことで事前に「津波シナリオバンク」を用意しておきます。いざ津波が発生したら、海域からリアルタイムで送られてくる観測データと事前に用意した様々なシナリオを比較し検索することで実際に起こっている津波に近いシナリオを絞り込み、津波遡上を迅速に予測しようというのが我々のアプローチで



（図2）防災科研が全国に設置している地震津波火山観測網の観測点配置（黄色菱形はS-netの観測点）



（図1）地震津波観測網を活用した津波即時予測技術開発の概要

す(図3)。いわば、事前に用意した容疑者リスト(=津波シナリオバンク)の中から、似顔絵(=観測記録)を元に犯人を捜すようなものです。

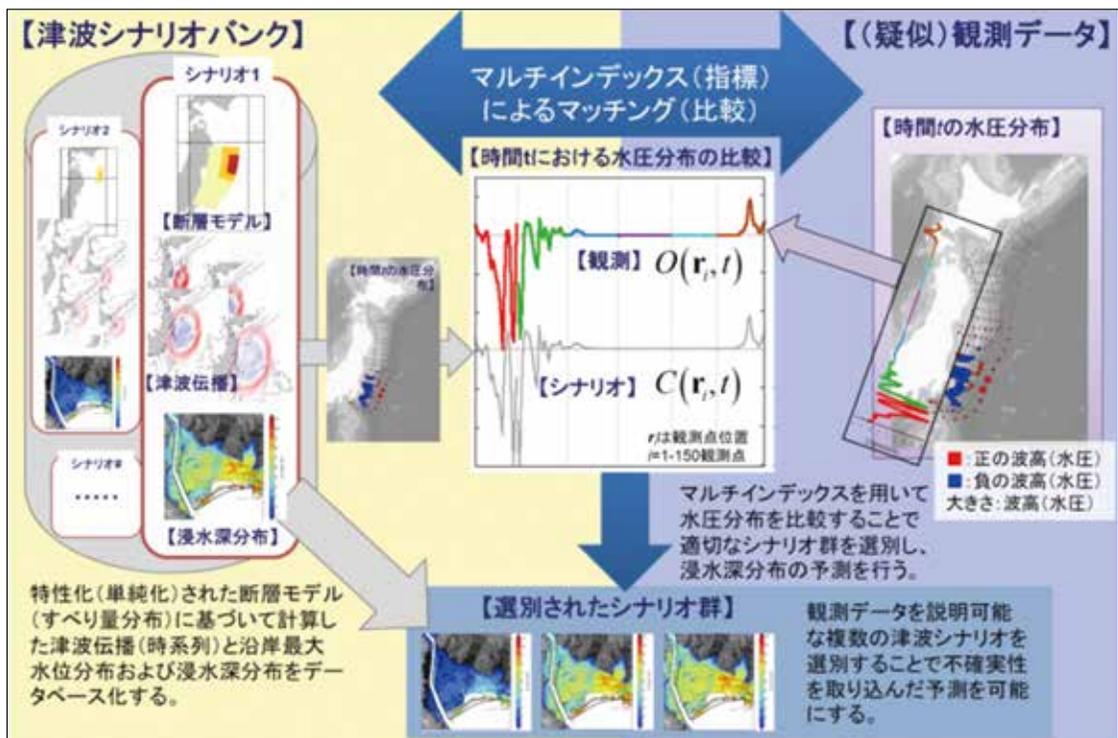
将来どのような津波が起こるかは完全に分かるわけではありませんが、現実的な計算量に留めつつ、想定外とならないように考える様々な津波に対し網羅性と多様性を担保した津波シナリオバンクを準備するための検討を行うとともに、その中から効果的にシナリオを絞り込んでゆくための検索アルゴリズムの開発を進め、陸域への津波遡上までを予測するプロトタイプシステムを構築しています。

我々が開発したシステムが、正しく津波遡上を推定できるかどうかを確認するために行った検証試験の例を紹介します。S-netで観測を開始してから大規模な被害が発生するような津波の観測記録はないことから、本システムが対象地域としている千葉県九十九里・外房沿岸に対して大きな影響を及ぼした1677年(延宝5年)に房総沖で発生し

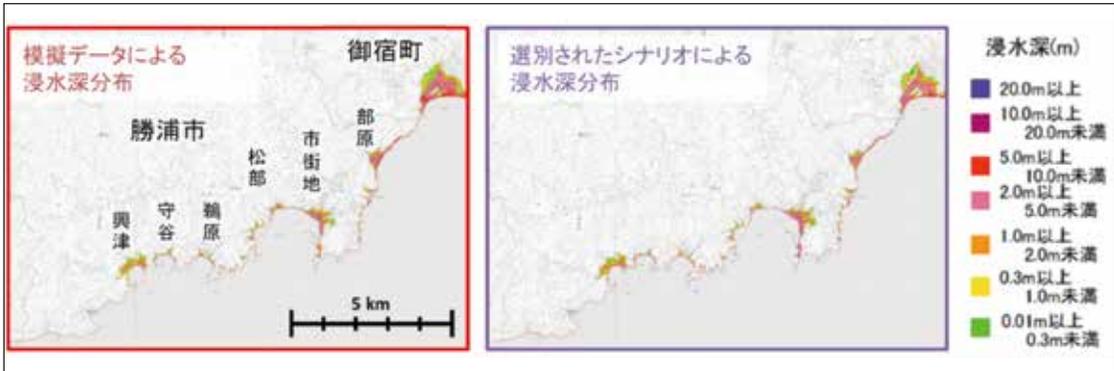
た地震による津波の津波波源をモデル化し、数値シミュレーションによって得られたS-net観測点における水圧変動データを模擬データとして検証を行いました。S-netの水圧変動データを用いて地震発生から5分後に推定された、勝浦市から御宿町にかけての浸水深分布(図4)は概ね正しく再現されており、十分な精度で津波の遡上までを予測出来ているが分かります。図5は沿岸での津波の高さや到達までの時間、陸域での津波の浸水深分布などの即時予測結果を分かりやすく伝えるための表示システムの例を示しています。

## 5 連携及び社会実装に向けた取組

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)が司令塔となり社会的課題の解決にチャレンジする戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の一研究開発課題(研究開発機関:防災科研、管理法人:科



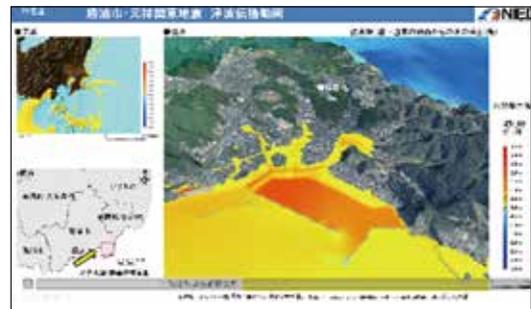
(図3) 津波即時予測アルゴリズムの概要



(図4) 模擬データとベストシナリオの浸水深分布



(図5) 津波即時予測結果の表示例



(図6) 勝浦市防災訓練における現地を対象とした津波遡上シミュレーションの展示の様子

学技術振興機構)として進められています。このため、気象庁地震火山部や気象研究所にも協力機関として参画いただき津波の様々な情報に関する勉強会を立ち上げるなど連携を深め、さらに千葉県などの関係自治体等にもご協力いただき実証実験(2017年度より実施予定)に向けた取組を行うなど、単なる技術開発ではなく研究成果の社会実装を目指して研究開発を行っています。本研究で対象地域としている千葉県九十九里・外房沿岸の自治体を対象とした説明会や複数の自治体防災担当へへのヒアリングにご協力いただいています。加えて、千葉県勝浦市やいすみ市などで行われた防災訓練に参加させていただき、当該地域に対する津波遡上シミュレーション結果や可視化プロダクトである地震・津波モニタ試作版などを防災担当者や住民の皆様などにご覧いただき、地震津波に関する防災リテラシー向上につなげる活動(図6)を行うとともに研究成果の課題抽出や機能検証を行うことで、今後千葉県九十九里・外房地域で行

われる本格的な実証実験に向け準備を進めています。

## 6 「津波が来た」ではなく「津波が来る」へ

このように多数の機関と連携して基礎研究から実用化研究まで出口を見据えて一気通貫で推進し、「津波が来た」ではなく「津波が来る」という予測情報を少しでも早く伝えることが出来るようにすることで住民の避難につなげ、津波による人的被害軽減につながる研究を進めていきたいと考えています。