

DONET 観測情報を活用した津波予測システムの社会実装—和歌山県の事例—

石橋 正信¹・馬場 俊孝^{2,3}・高橋 成実^{3,4}・今井 健太郎³

Social Implementation of Tsunami Prediction System on Wakayama by Using DONET Information

Masanobu ISHIBASHI¹, Toshitaka BABA^{2,3},
Narumi TAKAHASHI^{3,4} and Kentaro IMAI³

Abstract

High possibility of occurrence of earthquake with M9 or lager in the Nankai subduction zone was pointed out by Cabinet Office of Japanese government. Local governments along the area revised estimation of tsunami damages and attempt to reconstruct action plans for the disaster prevention. However, according to Cabinet office of Japanese government, the coastal area near the rupture zone receives huge tsunami within a few minutes after the earthquake happens. To take actions against the severe situation, we need a high-speed, and high-accurate tsunami prediction system. Baba et al. (2014) investigated the possibility for use of a concept of tsunami amplification in the early tsunami prediction. They computed tsunami waveforms at the twenty pressure gauges of dense ocean floor network system for earthquakes and tsunamis (DONET) and at prediction points near shore. They found clear correlations between them because tsunami height basically depends on the topography (bathymetry) during its propagation. In this study, an early tsunami prediction system using the concept of tsunami amplification was societally implemented in 6 regional areas in Wakayama Prefecture. We constructed a tsunami database that contains pre-computed tsunamis offshore and nearshore from 1506 earthquake scenarios may occur in the Nankai subduction zones. The new system detects first arrivals of earthquake and tsunami from DONET data in real time, and calculate average value of absolute observed pressure values among twenty DONET stations. The value

¹ 和歌山県
Wakayama prefectural government

² 徳島大学大学院 理工学研究部
Graduate School of Science and Technology, Tokushima University

³ 海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター
Research and Development Center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

⁴ 防災科学技術研究所 地震津波火山ネットワークセンター
Network Center for Earthquake, Tsunami and Volcano, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

本論文に対する討議は平成 30 年 11 月末日まで受け付ける。

is used to select an appropriate scenario from the tsunami database. Prediction accuracy of the system was also investigated by using cases of the 1944 Tonankai earthquake and the scenario earthquake provided by the Cabinet office. As a result, we found that predicted inundation area to be overestimated as the safety of the prediction.

キーワード：津波予測，地域防災，社会実装，和歌山県

Key words: tsunami prediction, Regional Disaster Prevention, social implementation, Wakayama Prefecture

1. はじめに

和歌山県は、約90年から150年周期で繰り返し発生している南海トラフの地震により、過去に大きな被害を受けてきた。南海トラフ地震の発生確率は今後30年以内で70%となっており（地震調査研究推進本部，2017年1月現在），次の地震に向けた対策が急務となっている。

過去の南海トラフ巨大地震は和歌山県最南端の潮岬近傍を震源として発生している。津波浸水想定（和歌山県，2013）によると，紀伊半島南部地域では3分で1mの津波が沿岸部に到達すると予想されており，人的被害軽減のためには正確な津波来襲情報を発信するとともに，迅速な避難誘導を促す必要がある。

こうした状況を鑑み，正確な津波来襲情報の取得を行うための手法として，沖合観測データを利用した津波即時予測手法がある（Baba et al., 2014）。和歌山県を擁する紀伊半島の沖合には，地震・津波観測監視システム DONET（Kaneda et al., 2015; Kawaguchi et al., 2015）が海洋研究開発機構（以下，JAMSTEC）により構築され，防災科学技術研究所（以下，NIED）により運用されている。JAMSTEC では，DONET によるリアルタイム津波観測を利用する即時津波予測システムを開発し，和歌山県の主要沿岸地域において運用されている。

本稿では，和歌山県へ導入した津波予測システム（以下，「和歌山県システム」と称す。）の概要とその手法について報告し，現状の課題や他地域への社会実装への展望について検討することを目的とする。

2. DONET 観測データを利用した津波予測手法

2.1 DONET の概要

DONET（図1）は，南海トラフの地震・津波の常時観測監視を目的とした海底ケーブル式の地震・津波観測監視システムであり，紀伊半島沖のDONET1（2011年度から運用開始）と紀伊水道沖のDONET2（2016年度から運用開始）の51観測点網から構成される。

DONET1の観測網は，三重県尾鷲市古江町の陸上局から紀伊半島の沖合約125 km 先まで，総延長約250 km に渡る基幹ケーブルをループ状に敷設し，その途中5箇所にノードを設けて，それぞれに4つの計20個の観測点が接続されている。各観測点には地動センサーシステム（強震計，広帯域地震計），圧力センサーシステム（水晶水圧計，微差圧計，ハイドロフォン，精密温度計）で構成された観測装置ユニットが設置され，地殻変動のような周期の長いものから地震動のような周期が短いものまであらゆるタイプの海底の動きをリアルタイムに捉えることが可能である。

観測装置は海底ケーブルを介して陸上と接続され，観測装置からは海底の地震動，水圧変動等のデータがケーブル内の光ファイバーを通じてリアルタイムで陸上局へ送られている。観測装置からのリアルタイムデータは，陸上局から専用回線を通じて研究機関（JAMSTEC，NIED・他）や自治体（和歌山県・他）に配信されている。

2.2 リアルタイム津波予測手法の概要

第1章で述べたとおり，南海トラフ地震が発生した場合，和歌山県南部の沿岸地域では数分で津

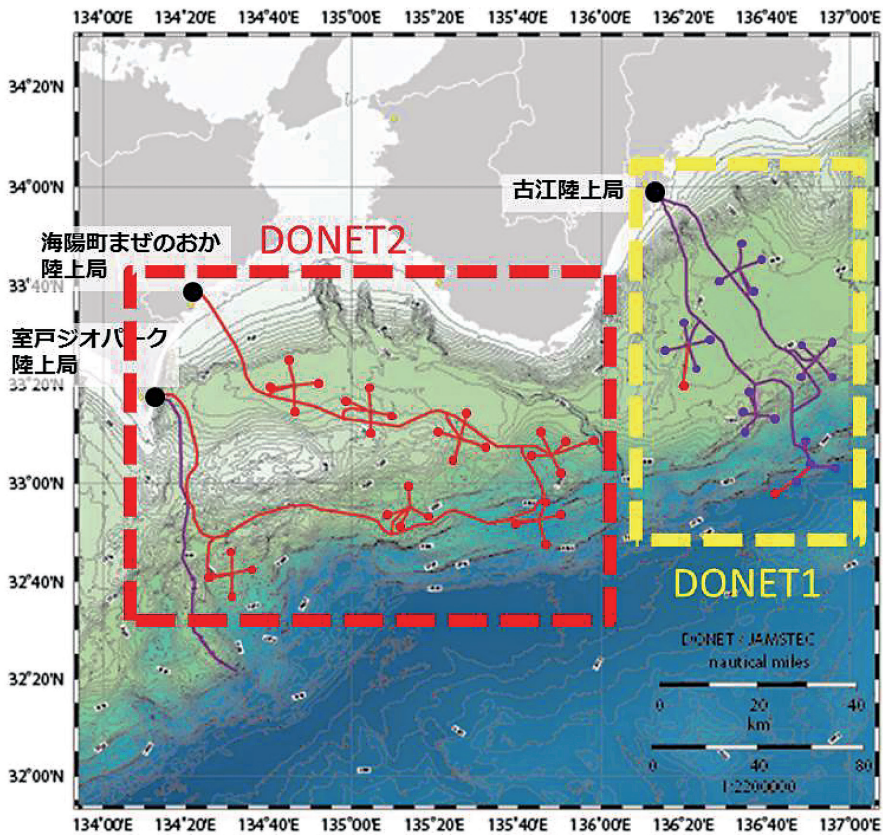


図1 DONETシステム。赤と紫はそれぞれ第I期(平成18年度~21年度)と第II期(平成22年度~27年度)で整備されたところを示す。

波が到達すると予想されているため、津波予測においても迅速性と安定性が要求される。これら要求条件と計算機システムの現状性能や経済性を考慮して、計算負荷が小型PCでも運用可能なデータベース型の津波予測手法を構築した。

津波の運動は50 m以深では線形長波理論で記述することができ、沖合から沿岸に向かう進行波の波高は水深によって規定される性質がある(Greenの法則)。Baba et al. (2014)はこの性質を利用し、津波数値解析によりDONET沖合観測点の水圧値の絶対値平均と紀伊半島沿岸の任意地点の最大津波高の関係を南海トラフ沿いに3417ケースの波源シナリオを用いて評価した。この検討から、沖合の水圧値の絶対値平均の第1波ピーク値と沿岸の最大津波高に相関があることを示した。この関係を用いることで、津波データベース

とDONET観測情報を元に、迅速な津波予測が実用上可能となる。

その処理フローを図2に示す。具体的な予測手法については以下となる。

- (1) 各波源シナリオによる津波数値解析にはJAGURS (Baba et al., 2016) を利用し、DONET観測点と任意に定義した予測対象地域の沿岸出力点(対象地域沿岸の水深5~10 m)の津波高時系列、および予測対象域における陸上の最大浸水深分布図を出力する。
- (2) 津波数値解析結果から、各波源シナリオに対応するDONET観測点における水圧値時刻歴の絶対値平均を求める。
- (3) DONET観測点の絶対値平均の第1波ピーク値と予測対象地域に対応した沿岸出力地点の最大津波高(以下、沿岸津波高と称する)を求める。

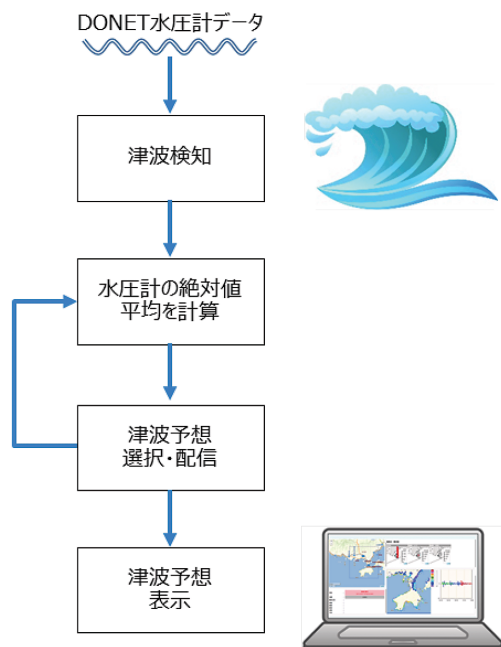


図2 処理フロー図

(4) DONET観測点で津波を検知した際に、観測データの絶対値平均を求め、データベース内の各波源シナリオで構築した絶対値平均の第1波ピーク値から波源シナリオを抽出・選択し、各沿岸出力点の沿岸津波高と予測対象地域陸上の最大津波浸水深分布および浸水域を可視化する。

なお、本研究における第1波ピーク値は、波形中の小さなピーク値を検出しないよう、まず波形全体から水圧値の絶対値平均値のピーク値を算出し、そのピーク値の60%以上の値を満たし、かつそれまでの値から10%以上の低下が検出された場合に第1波ピーク値とする。

(1)～(3)については事前に実施し、データベースとしてシステムに格納する。

上記の処理を実際の観測値に基づきリアルタイムで行うことにより、現況に応じた予測が可能になる。

3. 和歌山県システム

3.1 システム概要

和歌山県システムでは、2章の津波予測手法を用いた。沖合観測点としてはDONET1(図1)の20観測点を用いる。これら全ての観測点で得られる水圧値の絶対値平均値について、観測値と計算値を比較し波源シナリオデータベースを照合する。さらに、DONET1観測網の重心からの震源方向を特定することにより、波源シナリオデータベースから観測値と対応度の高い適切なシナリオを抽出し、予測情報として予測対象領域の沿岸における津波到達時刻と沿岸津波高、予測地域陸上の最大浸水深分布とその浸水域を可視化する。

3.2 システム用データベース

ここでは、和歌山システムが津波予測を行う際に必要となるデータベースについて記述する。

和歌山システムではMwを4段階(7.6, 7.9, 8.2, 8.5)、震源の深さを2段階(5 km, 20 km)、傾斜角を3段階(5°, 15°, 25°もしくは15°, 25°, 35°)に設定した1506の波源シナリオ(図3)によりデータベースを構築した。本手法の波源シナリオによる本県沿岸部の予測地点における水圧値と沿岸津波高の相関図の一例を図4に示す。水圧値と沿岸津波高の相関関係は基本的には正比例の関係であるが、地点によってその相関関係は異なることがわかる。これはDONET1観測網と予測地点の位置が関係しており、例えば田辺や串本は波源シナリオによっては、DONET1観測網を伝播せずに直接評価地点に到達する可能性があるために、大きくバラつく。一方で、勝浦の場合は、ほとんどの波源シナリオでDONET1観測網を伝播後に対象地点に到達するため、両者の相関は良くなったものと考えられる。

津波数値解析に用いた地形データは、中央防災会議(内閣府)提供のデータを基に和歌山県が作成したデータを利用し、地形のグリッドサイズは最大2430 mメッシュから最小10 mメッシュとし、対象地域周辺の沿岸・陸域は10 mメッシュとした。地殻変動はOkada(1992)の手法により計算を行った。防潮堤などの構造物は地形データとし

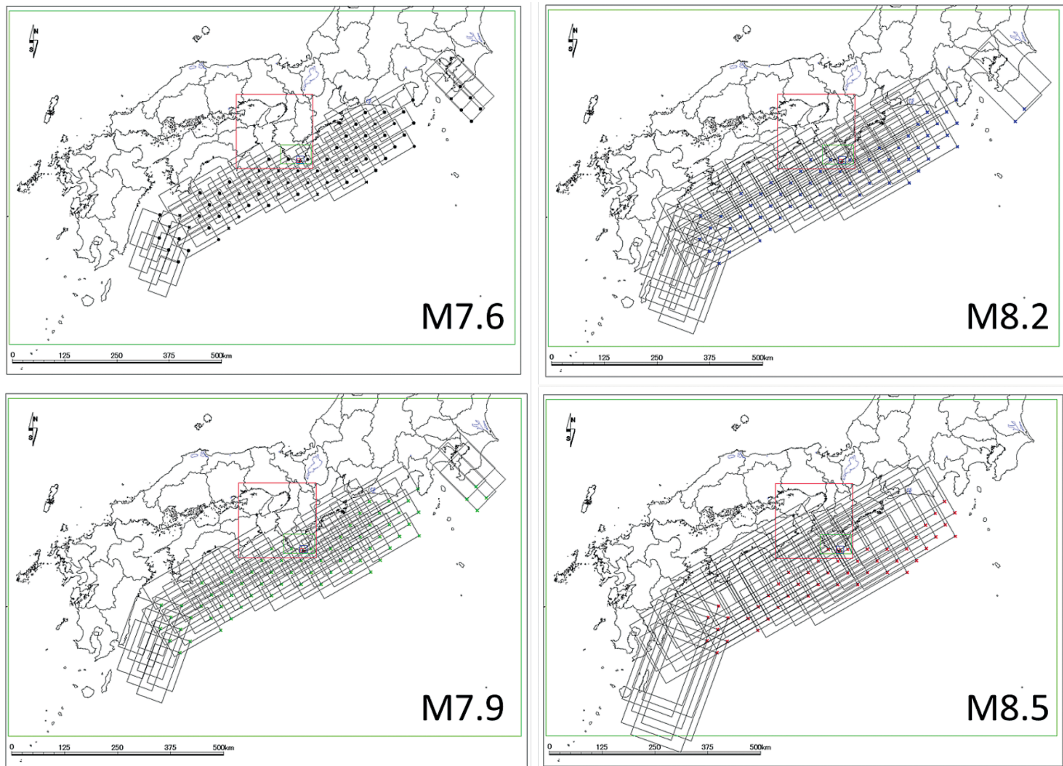


図3 津波予測システム用のデータベースとして設定した1506通りの断層モデル。M7.6(左上), M7.9(左下), M8.2(右上), M8.5(右下)

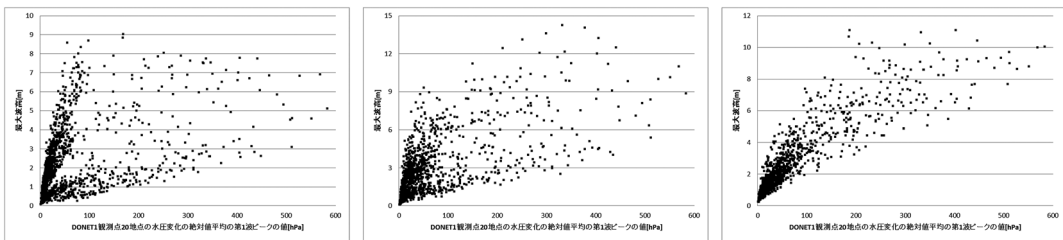


図4 DONET1(20観測点)の静水圧の絶対値平均波形の第一波ピーク値と沿岸予測地点の最大津波高との相関図。左図：みなべ・田辺地域，中図：串本地域，右図：太地・勝浦地域に対応する。

て与え、構造物の破壊は考慮しなかった。計算時間間隔は C.F.L 条件 (計算安定条件) を満たすように 0.05 秒とし、計算時間は 6 時間とした。潮位条件は T.P. + 0.00 m を設定した。

各波源シナリオに基づいて津波数値解析を実施し、それぞれの波源シナリオに対応する DONET1 の 20 観測点の水圧値の絶対値平均の第

1 波ピーク値と、沿岸の津波予測地点の第 1 波到達時刻と沿岸津波高 (図 5) 及び浸水マップ (図 6) をデータベースに格納する。

3.3 津波検知

システムの津波検知については、リアルタイムで伝送される水圧計の観測データに対し、予

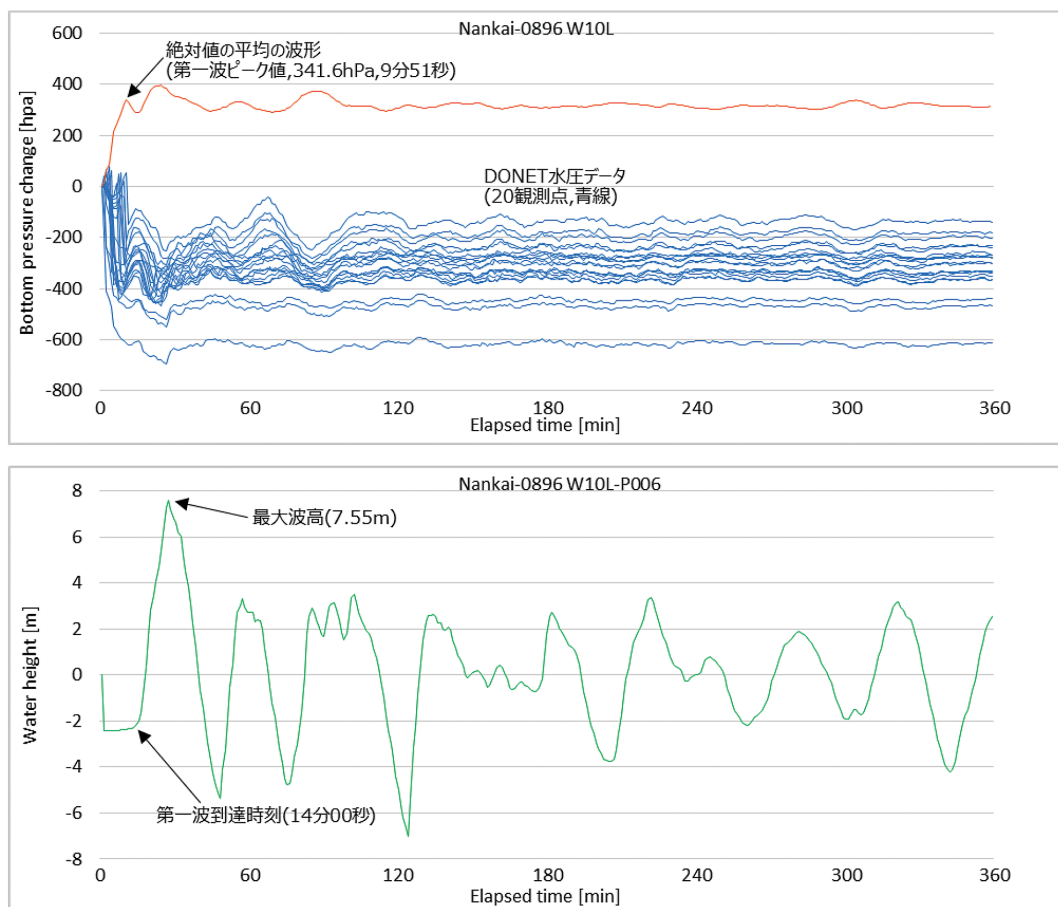


図5 波源シナリオ「Nankai-0896」による DONET 観測点の水圧値と DONET 観測点の絶対値平均値(上図)と田辺地区 P006:suehiro の時系列津波高(下図)。上図の青線は DONET 観測点の水圧値, オレンジ線は DONET 観測点の絶対値平均値を示す。

め計算した理論潮汐データ (Matsumoto et al., 2000) により潮汐成分を除去し, 300秒の移動平均と50秒の移動平均をそれぞれ2回ずつ行い, その比が閾値を越えると津波検知となる(図7)。DONET1の全20観測点のうち, 2観測点以上で津波を検知すると津波予測を開始する。津波検知方法の詳細については Takahashi et al. (2015) を参照されたい。

3.4 波源シナリオの抽出

津波を検知した後, DONET1観測点における観測値を元に, 沿岸の津波予測地点ごとに波源シナリオを選択する。リアルタイムで DONET1水

圧計観測値の絶対値の平均値を求め(図8の縦青線), データベースに格納されている各波源シナリオによる DONET1観測点20地点の水圧値の絶対値平均の第1波ピーク値と比較し, 任意の閾値内における水圧絶対値平均に対応する波源シナリオの沿岸津波高を選択する(図8の網掛け部分)。この閾値は, システムの設定により変更できる。

震源の位置がおおよそ判断できる場合には, DONET1を基準とした震源位置の相対方向で絞り込んだ波源シナリオを比較・選択対象とする。例えば, DONET1より東で地震が発生した場合は, DONET1より東側と DONET1を含むエリアの波源シナリオを対象とする。震源の方向は, 指

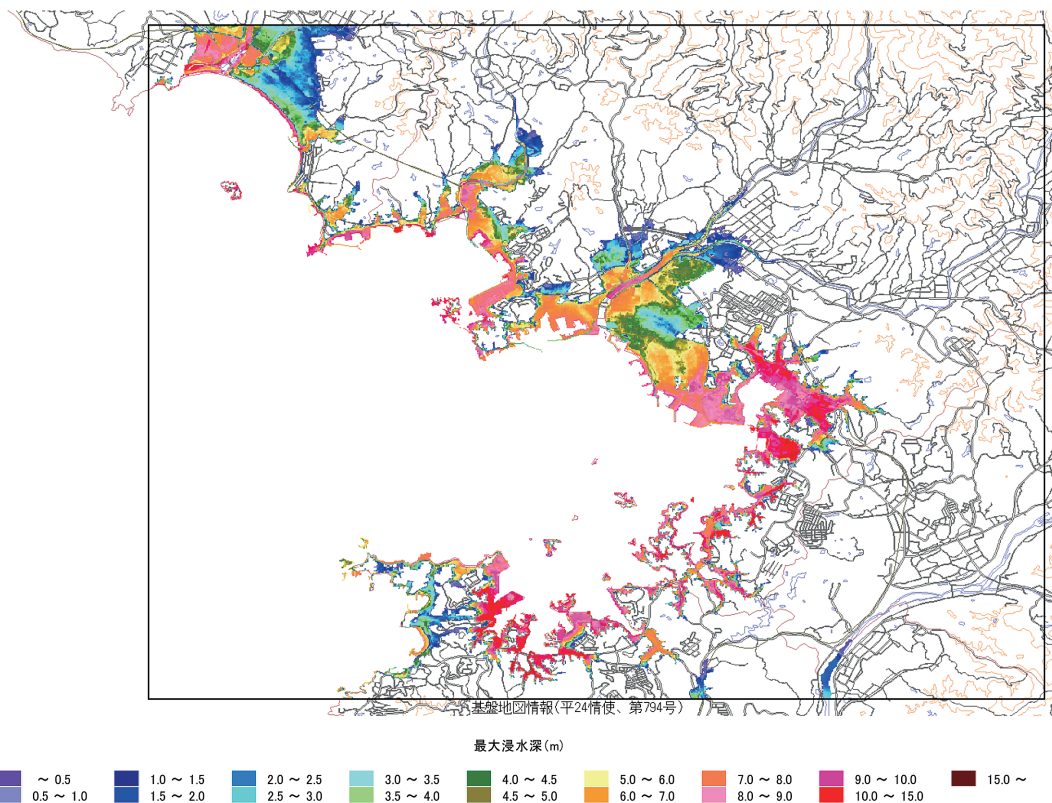


図6 波源シナリオ「Nankai-0896」による田辺地区の浸水マップ

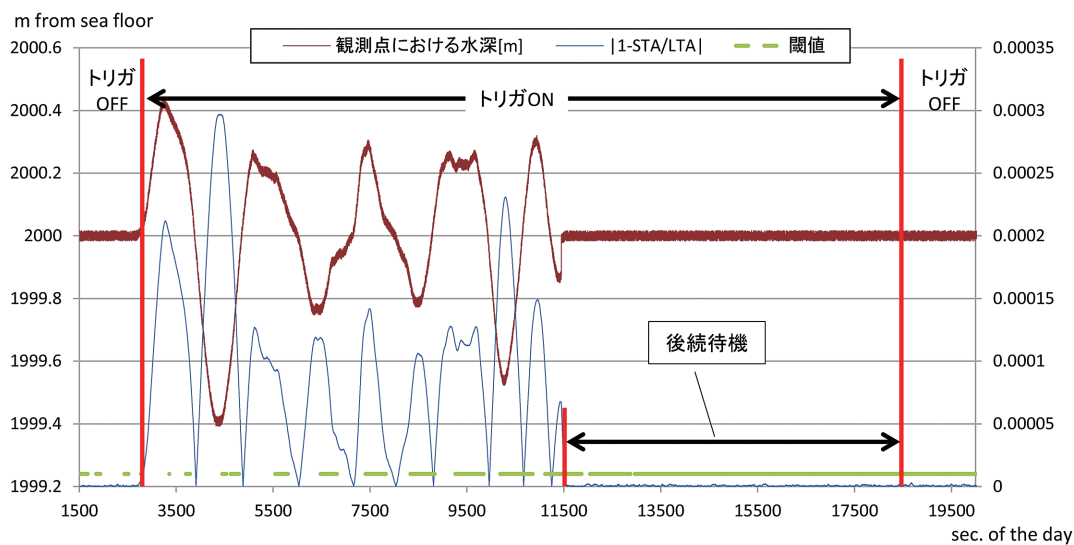


図7 津波の検知の状態遷移

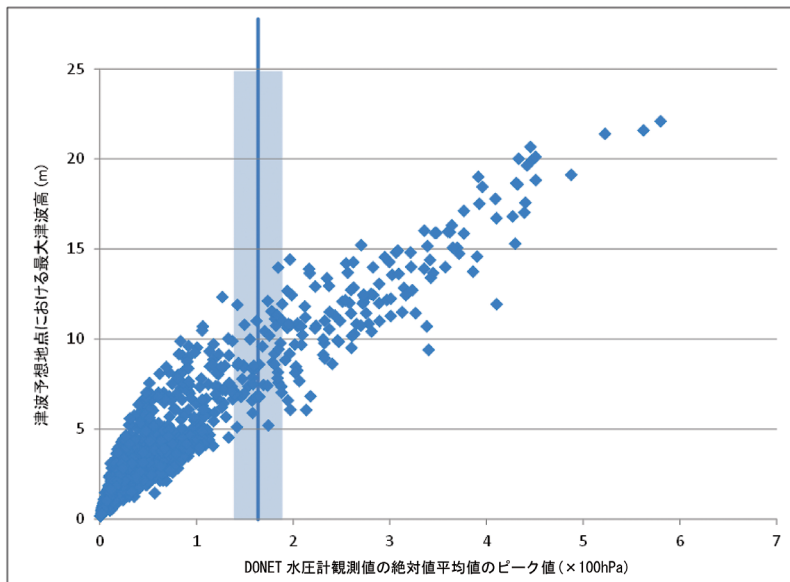


図8 波源シナリオの選択

定した2観測点の地震観測情報からどちらに先に地震波が到達したかをもって判定する。震源の方向が定まっていない場合、または事前に地震を観測せずに津波を観測した場合は、すべての波源シナリオを比較・選択対象とする。

3.5 波源シナリオの表示

抽出された波源シナリオから、表示するシナリオを選択する。表示候補のうち、沿岸津波高が高い順に任意に複数選択し、津波高予想として表示する。さらに、津波予測地域に最も早く到達する波源シナリオを表示する波源シナリオに含めて表示する。ただし、確定した震源方向と津波予想ポイントとの間にDONET1観測網がない場合、津波到達時刻より早く津波が到達するため、画面上に「予想より早く津波が到達する可能性があります。」と表示する。

システムより津波予測として選択された波源シナリオの地点毎の第1波到達時刻と沿岸津波高が予測値として表示される。さらに、任意地点の浸水マップ(浸水深と浸水域)、津波計算波形を表示することができる(図9)。

4. システムの検証

4.1 津波予測の検証方法

ここでは、第3章で述べた津波予測手法の精度検証を行う。和歌山県が津波予報業務許可(気象庁許可第194号及び変更認可第194-2号)を取得している6地域(図10)を対象に、2つの津波モデルを用いた。ひとつは、1944年東南海地震津波であり、波源モデルはBaba et al. (2005)を用いた。もうひとつは内閣府(2012)の最大クラスモデル(モデル10、内閣府)とした。

各モデルに対して、津波数値解析により、DONET1観測点での海底水圧変動の時系列と各予測地点における沿岸津波高と陸上浸水域を計算した。一方で、モデルによるDONET1観測点での海底水圧変動データから本システムを用いて各予測地域での沿岸津波高と津波浸水域を予測し、さらに、モデルによる解析値と予測値の比較を行った。

4.2 1944年東南海地震による検証

DONET1観測網直下で発生する地震について、検証を行った。DONET1が観測運用を開始してから、この観測網直下を震源として和歌山県沿岸

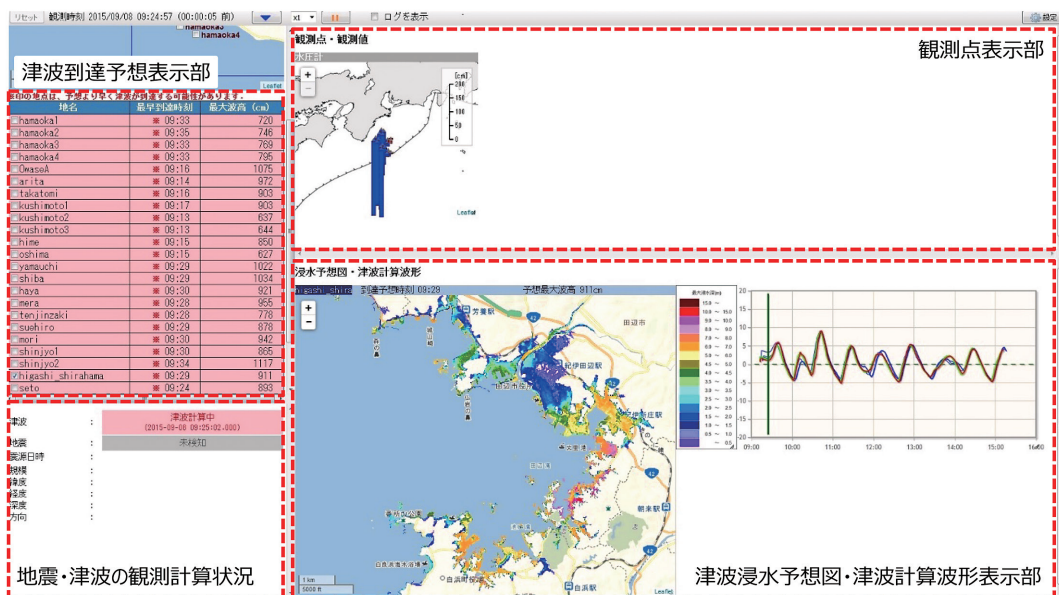


図9 和歌山県システム画面イメージ

に津波被害をもたらした地震は未だ発生していない。そのため、1944年東南海地震津波の数値計算結果を利用した。震源モデルとして利用したのは、Baba et al. (2005) が津波波形インバージョンから求めた1944年東南海地震の波源モデルである (図11)。この波源モデルに基づいて、津波数値解析により擬似観測データを作成し、それを真の値として本システム予測値と比較を行った。この波源モデルから、津波データベースの構築で使用した同じ計算手法を用いて計算した DONET1各観測点での海底静水圧変動を図12に示す。図中のオレンジ線は、静水圧変動データ (青線) から、絶対値平均の波形を作成したものであり、その第1波のピーク値は25.4 hPa で、地震発生後9分35秒後に検出されることになる。

本システムが提供する沿岸津波高の予測値と数値解析による時系列の比較例を図13に示す。地震発生から5分以内で沿岸津波高を予測できていることがわかる。最終的には、8分時点で予測値は2倍程度の過大評価となった。

図14に計算値とシステム予測の沿岸津波高の比較を示す。いずれの地点でも本システムによる予

測の方が絶対誤差は大きくなり、最小で0.3 m (勝浦・太地地域)、最大で1.69 m (田並地域) となった。

浸水状況について、1944年東南海地震モデルによる数値解析結果と本システムによる予測結果の最大浸水深、浸水面積について比較を行った (図15)。図から、最大浸水深は1~1.9倍、浸水面積は2倍程度の安全側での予測結果となった。

以上から、沿岸津波高と浸水域はいずれにせよ安全側の予測結果となることがわかった。これは、本システムが DONET1の水圧計及び地震計の観測値を元に抽出した波源シナリオの中から、沿岸部の予測地点に対し津波高が最も高くなる波源シナリオを選択するからである。本システムは災害対応の一助となる予測情報の提供を目的としているため、過小評価回避を最優先し、2倍程度の過大評価は安全側評価として許容することにした。

4.3 内閣府モデル (2012) による検証

最大クラスの地震に対して、本システムがどのように動作するかを検証するため、ここでは、内閣府 (2012) の波源断層モデルを用いた。擬似観

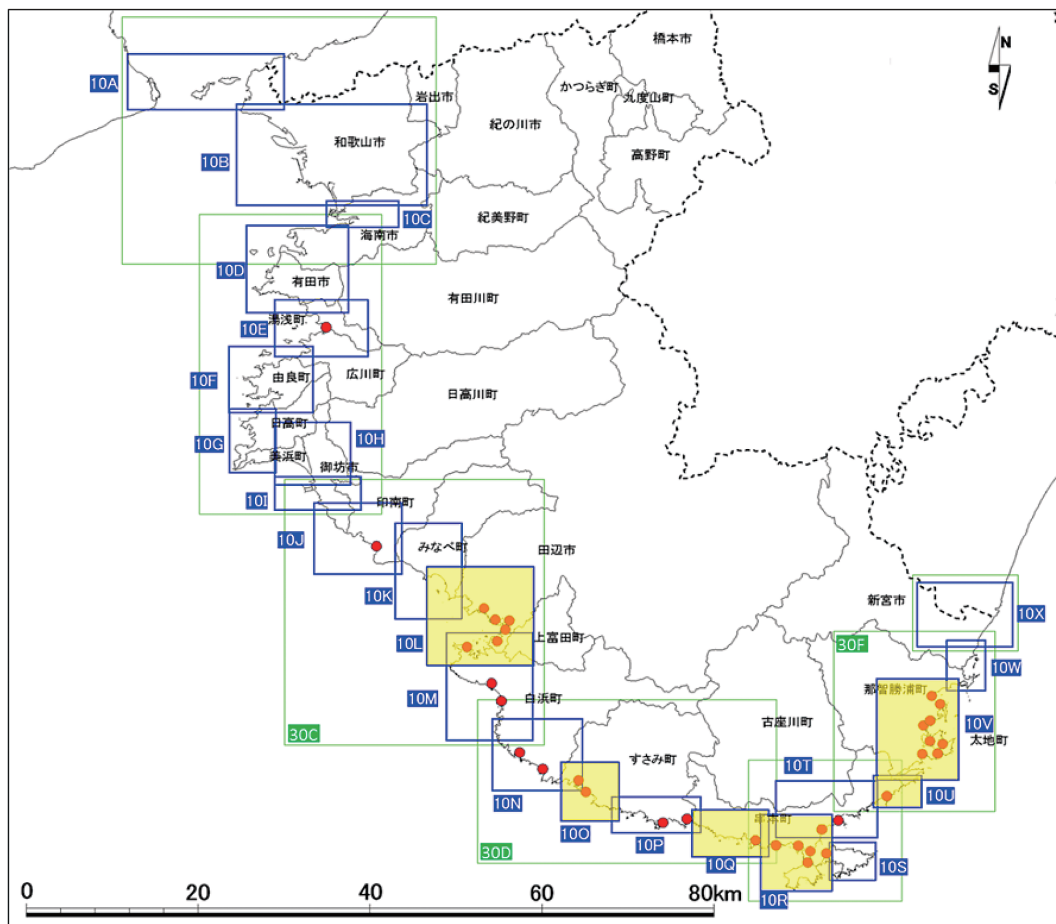


図10 和歌山県の津波予報業務の対象となる6地域(みなべ・田辺, すさみ, 田並, 串本, 田原, 勝浦・太地。黄塗部分)

測データを内閣府(2012)の波源シナリオモデル(ケース10)を用いて生成し、それを真の値として、本システム予測値と比較する。ここで用いた波源断層モデルを図16に示す。この波源シナリオに基づいた津波数値解析によるDONET1観測網での海底静水圧変動値を図17に示す。図中のオレンジ線は静水圧変動データ(青線)から、絶対値平均の波形を作成したものであり、その第1波ピーク値は313.0 hPaで、地震発生18分25秒後に検出されることになる。

本システムが提供する沿岸津波高の予測値と数値解析による時系列の比較例を図18に示す。多少過大評価している傾向にあるが、地震発生から10

分以内で沿岸津波高を予測できていることがわかる。

図19に計算値とシステム予測による沿岸津波高の比較を示す。絶対誤差としては、最小で-0.31 m(田並地域)、最大で7.24 m(みなべ・田辺地域)となり、田並地域では予測値が計算値を下回る結果となったが3%未満の誤差であった。それ以外の地点については、前項の1944年東南海地震と同様、最大で2倍程度の過大評価となる地点もあるが安全側の評価となった。

浸水マップについて、内閣府(2012)の津波断層モデル(ケース10)によるものと、本システムによって予測される最大浸水深、浸水面積を図20

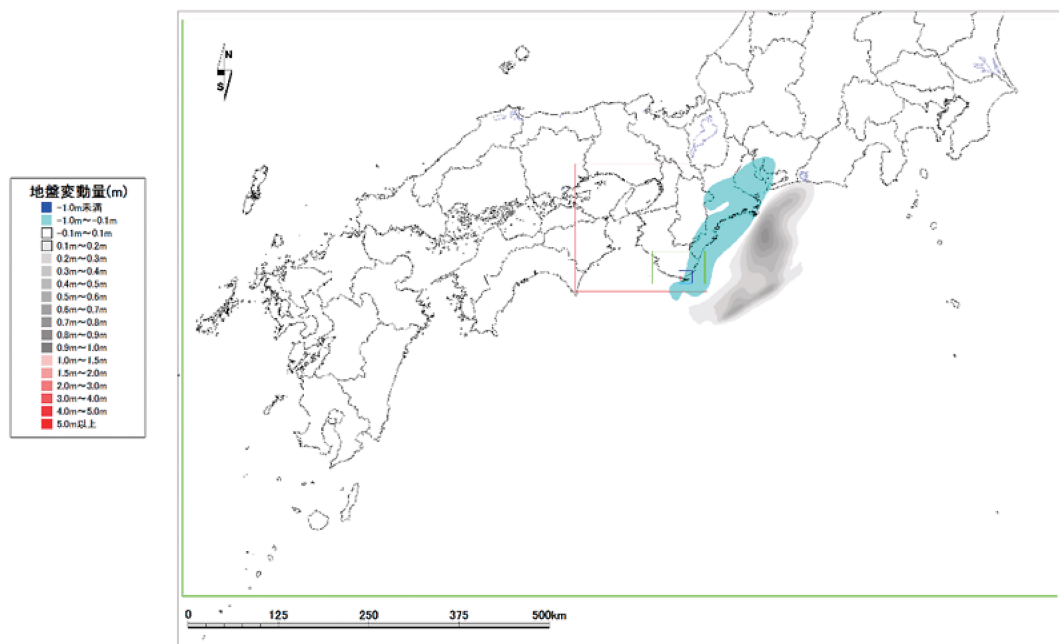


図11 Baba et.al (2005) の1944年東南海地震モデルによる地殻変動

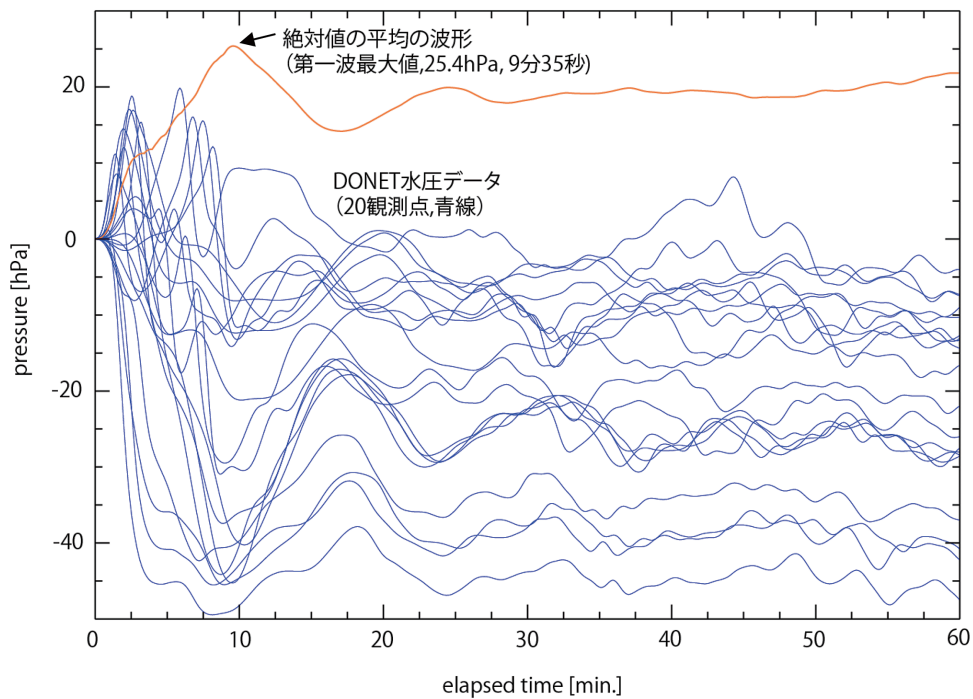


図12 Baba et.al (2005) の1944年東南海地震モデルにより計算した DONET1観測点での静水圧変動とその絶対値平均の波形。

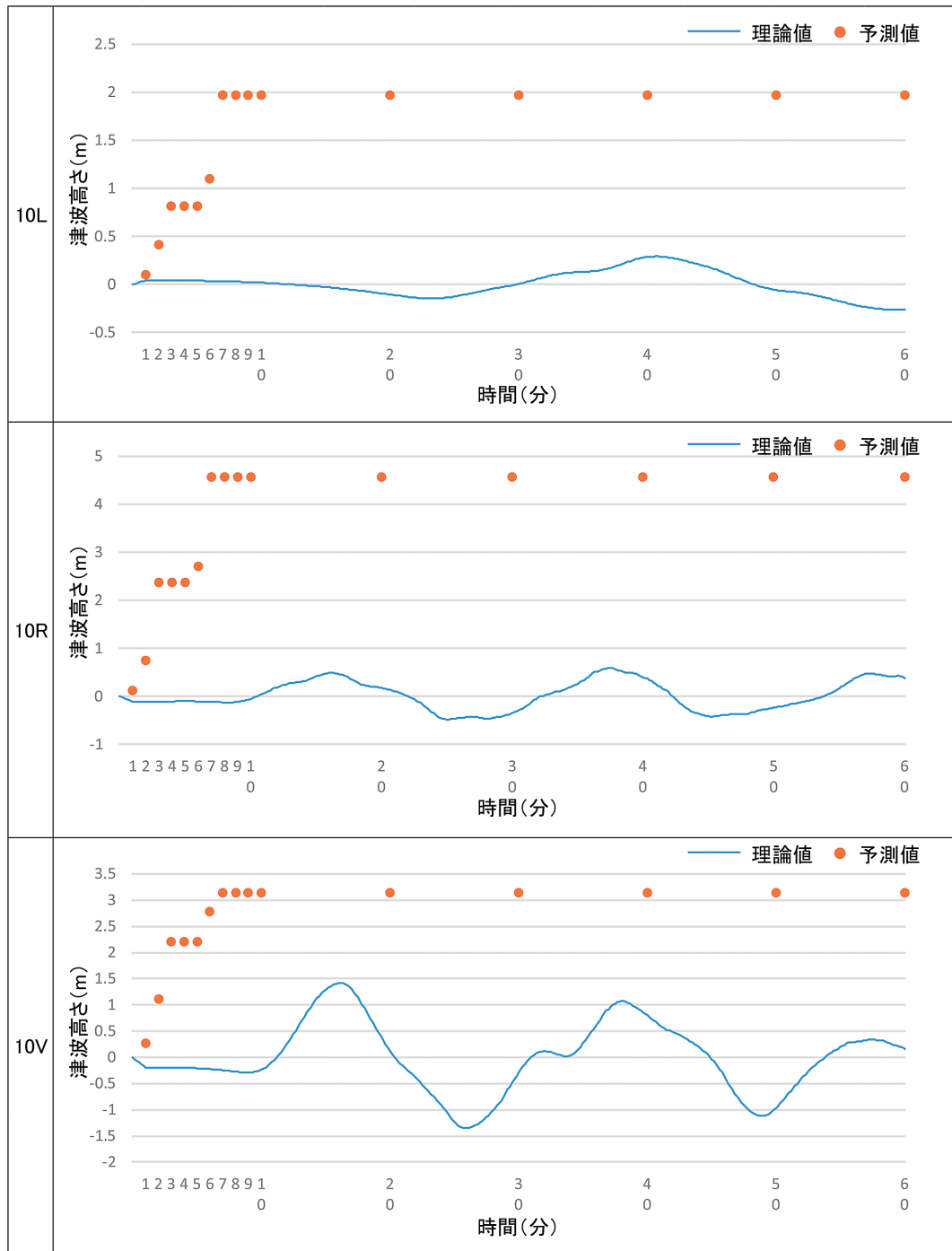


図13 Baba et.al (2005) の1944年東南海地震モデルによる最大津波高の予測値と数値解析結果の時系列比較。上図はみなべ・田辺地域 (10L), 中図は串本地域 (10R), 下図は太地・勝浦地域 (10V) を示す。

にて比較した。最大浸水深は田原地域の一部の地点で予測値が計算値を下回る結果となったが5%程度の相対誤差となった。浸水面積は予測値の方が1.5倍程度となり、安全側となる予測結果となった。

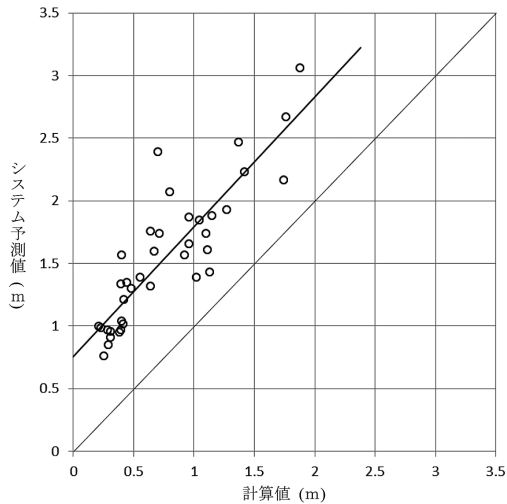


図14 計算値とシステム予測の最大津波高さの比較 (Baba et.al (2005) の1944年東南海地震モデル)

5. おわりに

熊野灘沖に設置された DONET1のデータを用いて、和歌山県沿岸における即時津波予測システムを構築した。このシステムは、DONET1からリアルタイムで伝送される水圧計データを解析し、津波を検知した際には、事前に作成している1506通りの波源シナリオによるデータベースから観測データに応じて断層モデルを選択し、その断層モデルがもたらす津波による沿岸津波高や浸水マップ等を沿岸予測地点ごとに表示する機能を有している。

本システムによる沿岸津波高の予測検証を1944年昭和東南海地震モデルと内閣府モデル(ケース10)にて行った。一部の地点では過小評価があったが、概ね過大評価、すなわち安全側となる予測結果となった。

近い将来、高い確率で発生すると考えられている南海トラフ巨大地震に備え、和歌山県ではこの津波予測システムを導入し、県内沿岸部の市町に対し津波予測情報を提供するため津波予報業務許可(平成27年3月26日付 気推第149号(許可第194号))を取得し、2015年4月より県内1地域7地点を対象に予報業務を開始した。さらに、予報業務変更認可(平成27年12月22日付 気推第

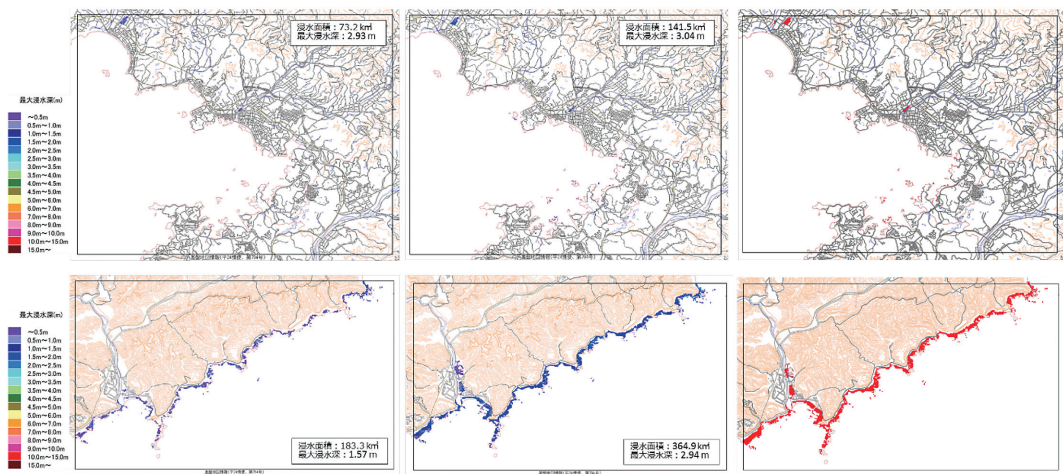


図15 Baba et.al (2005) の1944年東南海地震モデルにより計算した浸水マップ(左)と本システムが予測した浸水マップ(中)、浸水の比較図(右)。比較図の赤塗り部分は浸水深予測の結果が過大な評価となった地点を示している。(上: みなべ・田辺地域, 下: 田原地域)

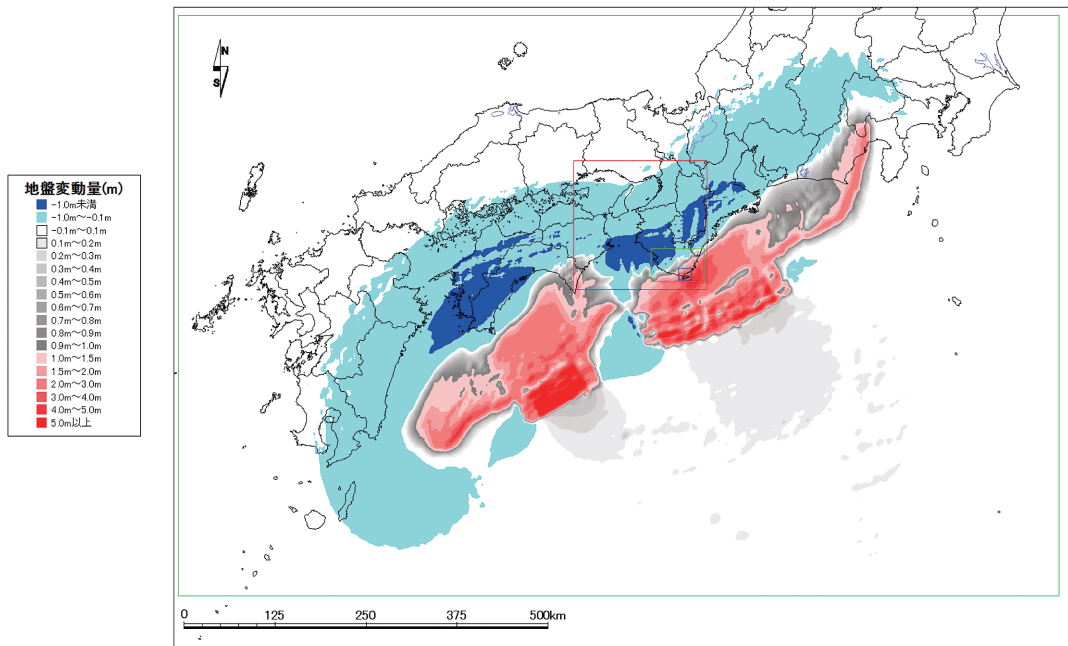


図16 内閣府(2012)が公表した津波断層モデル(ケース10)

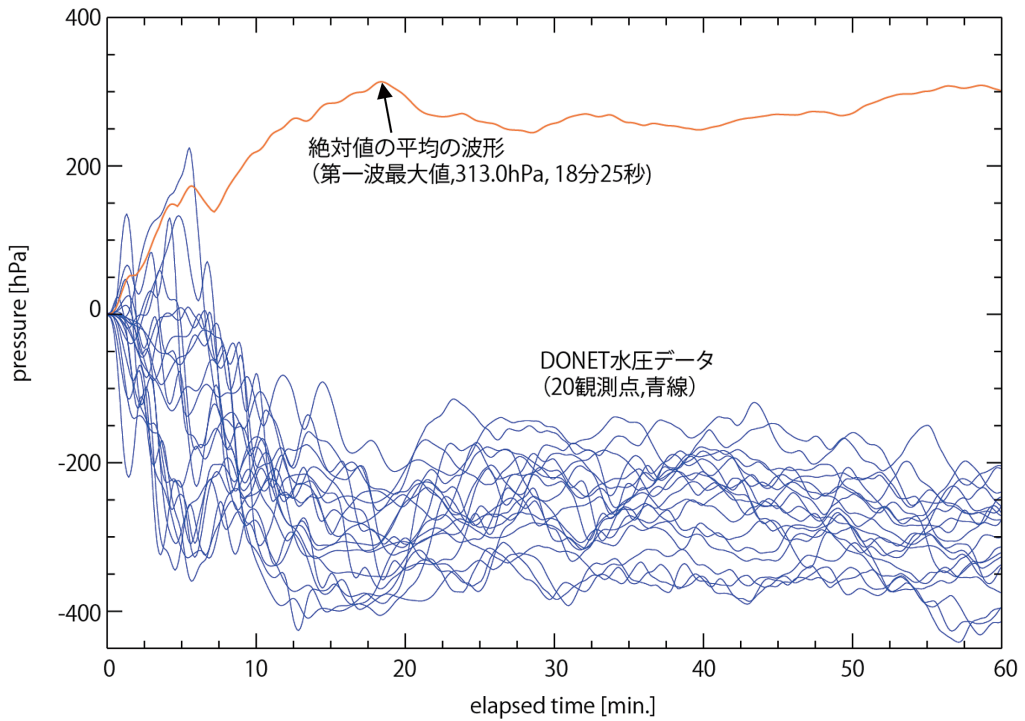


図17 内閣府(2012)が公表した津波断層モデルにより計算したDONET1観測点での静水圧変動とその絶対値平均の波形。

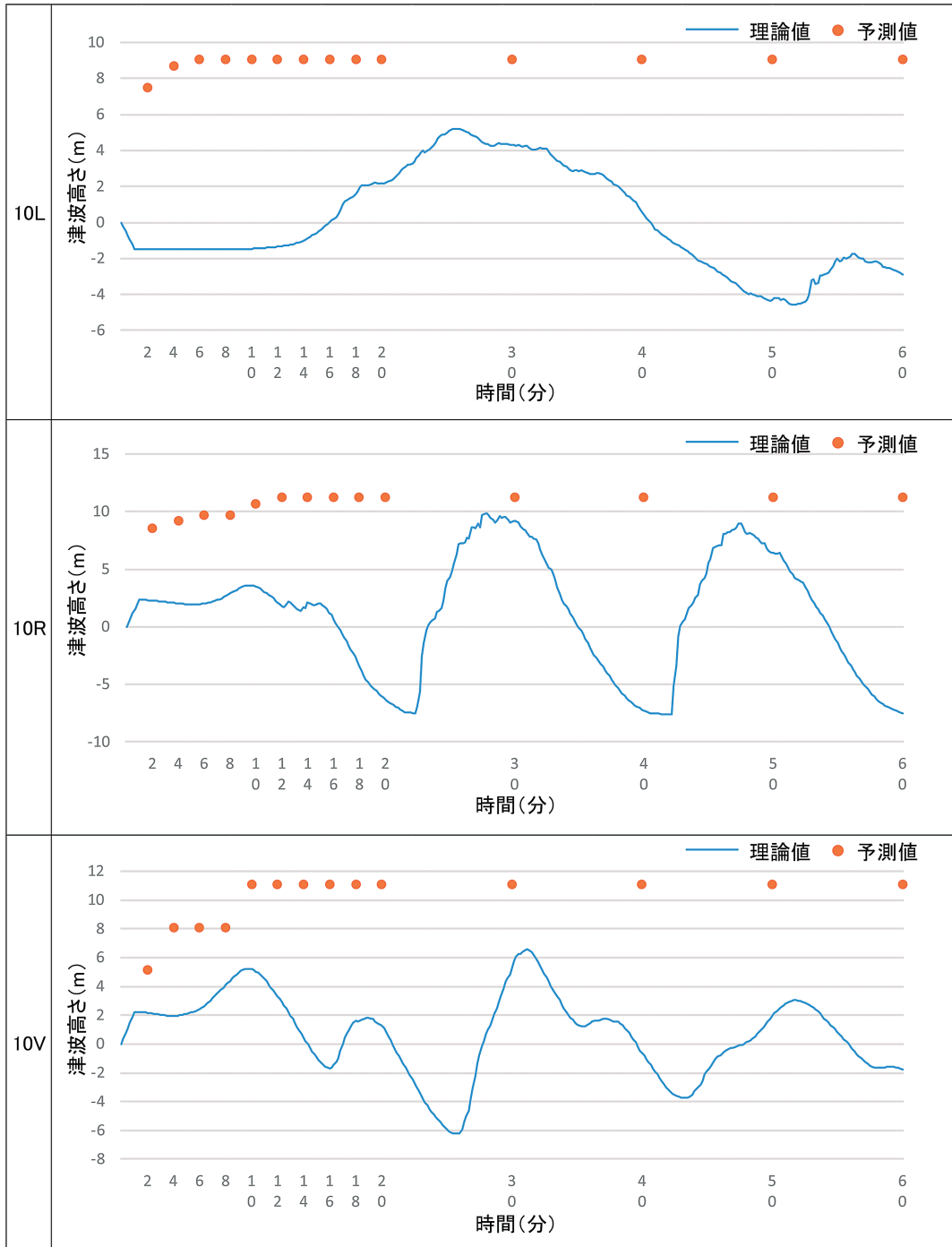


図18 内閣府(2012)の津波断層モデル(ケース10)による最大津波高の予測値と数値解析結果の時系列比較。みなべ・田辺地域(上), 串本地域(中), 太地・勝浦地域(下)

94号(許可第194-2号))を取得し、2016年2月には予報対象地域を県内6地域38地点に拡大した。DONET1の観測情報を活用する和歌山システムでは、波源と沿岸予測地点との間に観測点が存在しない場合、適切な第1波到達時刻の予測ができないため、地域を限定した運用形態となっている。

県内沿岸部全地域に拡大するためには、紀伊半島西岸沖に位置するDONET2の観測情報が必要不可欠であったが、2016年度にDONET2は構築が完了し、現在は運用が開始されている。和歌山県ではDONET1および2の観測データを利用した新たな津波予測システムを構築し、予報業務変更認可を再取得し(平成29年8月16日付 気推第58号(許可第194-3号)), 2017年9月11日より運用を開始している。この新システムのアルゴリズムについては、改めて報告したい。

予測情報の可視化方法についても、検討の余地は残されている。本システムは予測した波源シナリオのうち、沿岸津波高が最も高いシナリオに対応した浸水深分布と浸水域を可視化する。3.4で述べたとおり、和歌山システムではDONET網で観測される水圧絶対値平均に対して、複数の津波シナリオが選択されることになる。この複数シナリオによる結果を利用して、任意の浸水深に対する浸水確率マップ(図21)として表示することや、今井ら(2014)による津波被害予測マップを利用することで、災害対応を行う沿岸市町にとって、さらに有意義な情報提供が期待できる。

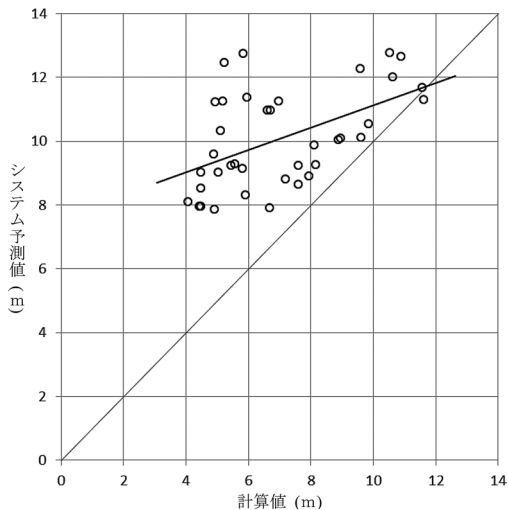


図19 計算値とシステム予測の最大津波高さの比較(内閣府(2012)の津波断層モデル(ケース10))

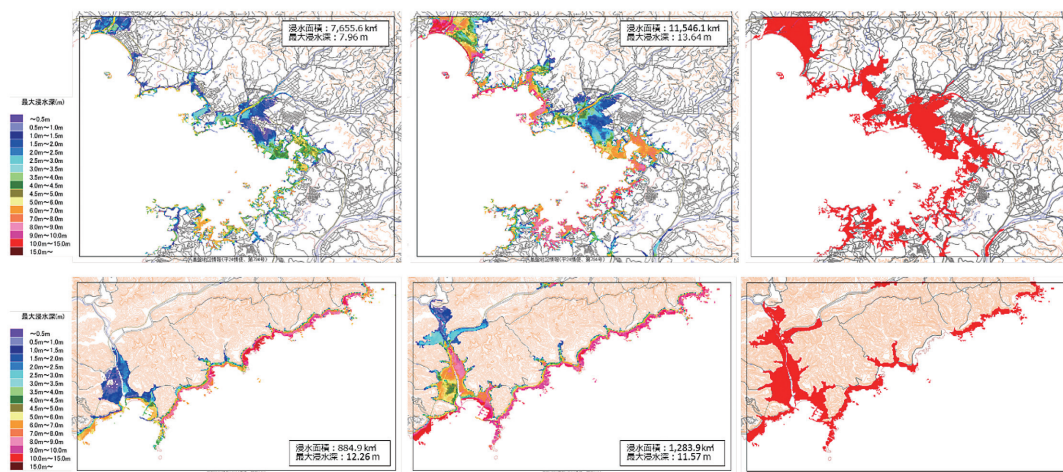


図20 内閣府(2012)の津波断層モデル(ケース10)により計算した浸水マップ(左)と本システムが予測した浸水マップ(中)、浸水の比較図(右)。比較図の赤塗り部分は浸水深予測の結果が過大な評価となった地点を示す。(上：みなべ・田辺地域、下：田原地域)

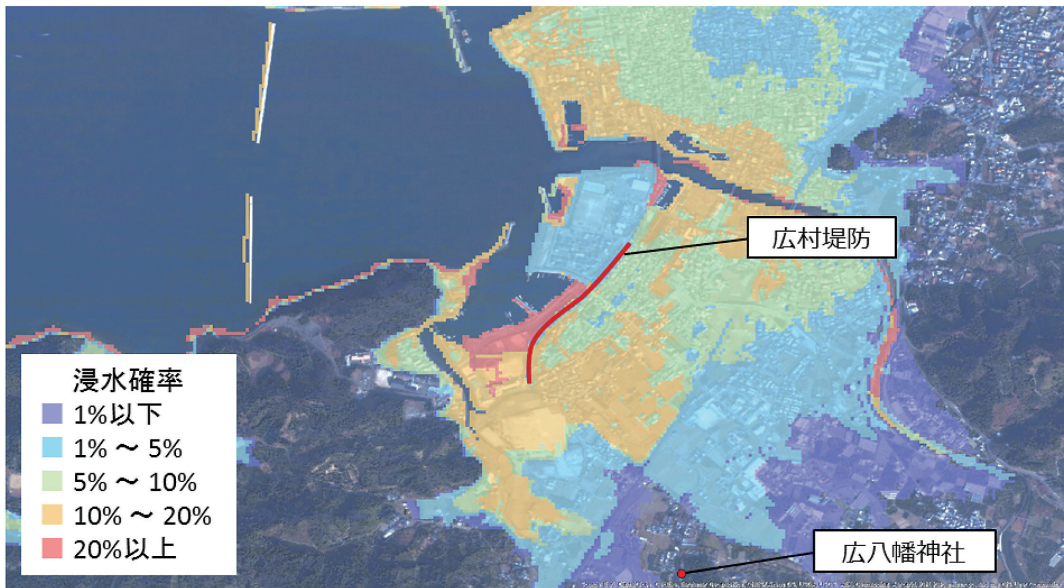


図21 浸水確率マップの一例。この津波浸水確率マップは、1506通りの断層モデルによる津波浸水計算結果に基づき、100年間に1 cm 以上の津波が浸水する確率を表している。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部：今までに公表した活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧。 <http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/ichiran.pdf>, 2017.
- 2) 和歌山県：かけがえのない命をまもるために、 <http://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/011400/bousai/pamph/pamphlet.html>, 2013.
- 3) Baba, T., N. Takahashi and Y. Kaneda : Near-field tsunami amplification factors in the Kii Peninsula, Japan for Dense Oceanfloor Network for Earthquakes and Tsunamis (DONET), Mar. Geophys. Res., 35, 319-325, DOI 10.1007/s11001-013-9189-1, 2014.
- 4) Kaneda, Y., K. Kawaguchi, E. Araki, H. matsumoto, T. nakamura, S. Kamiya, K. Ariyoshi, T. Hori, T. baba and N. Takahashi: 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 http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-11374-1_25, 2015.
- 5) Kawaguchi, K., S. Kaneko, T. Nishida and T. Komine: 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, 2015.
- 6) Baba, T., K. Ando, D. Matsuoka, M. Hyodo, T. Hori, N. Takahashi, R. Obayashi, Y. Imato, D. Kitamura, H. Uehara, T. Kato, R. Saka, Large-scale, high-speed tsunami prediction for the great Nankai trough earthquake on the K computer, Inter. Jour. of High Per. Comp. App., 30, 71-84, DOI 10.1177/1094342015584090, 2016.
- 7) Okada, Y., Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, Bull. Seism. Soc. Am., 82, 1018-1040, 1992.
- 8) Takahashi, N., Y. Ishihara, T. Fukuda, H. Ochi, J. Tahara, T. Mori, M. Deguchi, M. Kido, Y. Ohta, R. Hino, K. Mutoh, G. Hashimoto, O. Motohashi, and Y. Kaneda, Buoy Platform Development for Observation of Tsunami and Crustal Deformation, International Association of Geodesy Symposia, Springer Berlin Heidelberg, pp.1-7, doi:10.1007/1345_2015_114, 2015.
- 9) Matsumoto, K., T. Takanezawa, and M. Ooe: Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into

- Hydrodynamical Model. A Global Model and a Regional Model Around Japan, *Journal of Oceanography*, 56, 567-581, 2000.
- 10) Baba, T., and P.R. Cummins: Contiguous rupture areas of two Nankai earthquakes revealed by high-resolution tsunami waveform inversion, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L08304, DOI 10.1029/004GL022320, 2005.
- 11) 内閣府：南海トラフ巨大地震モデル検討, http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai_trough/nankai_trough_top.html, 2012.
- 12) 今井健太郎・今村文彦・岩間俊二・サッパシーアナワット：人的・物的被害軽減に向けた実用的な津波ハザード・被害予測評価手法の提案, *自然災害科学*, 33, 特別号, 1-12, 2014.
- (投稿受理：平成29年3月10日
訂正稿受理：平成29年10月31日)

要 旨

南海トラフの沈み込み帯において、M9クラス巨大地震とそれともなう巨大津波の発生の可能性が内閣府により指摘されて久しい。この津波被害想定によると、地震域近傍の沿岸地域では地震発生から数分後に巨大な津波が到達してしまうため、津波防災に向けた行動計画の再構築や人的被害軽減のための迅速な対応策の検討が極めて重要になる。その対応策のひとつとして、高速かつ高精度な即時津波予測が有効と考えられる。本研究では、地震と津波観測に向けた稠密海底観測網 (DONET) による沖合観測網を利用した即時津波予測システムを構築し、和歌山県沿岸6地域において実装を行い、その有効性の検討を行った。本システムにより、地震と津波の初動到達時間を即時評価できること、沿岸津波高や浸水域の即時予測が可能であることを示した。さらに、1944年昭和東南海地震の事例と内閣府のM9クラス巨大地震の波源シナリオを用いて本システムの予測精度を検証した。本システムで即時予測される沿岸津波高や浸水域面積はやや過大評価傾向にあるものの、おおむね安全側の予測結果となり、津波防災上有効なシステムであることを示した。