

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：11301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2020

課題番号：18H05914・19K21085

研究課題名（和文）海洋レーダを用いた津波減災技術の構築～警報解除および激甚被災地探索の迅速化～

研究課題名（英文）Development of tsunami disaster mitigation technology using oceanographic radar - exploring devastated area and speeding up warning cancellation -

研究代表者

門廻 充侍（Seto, Shuji）

東北大学・災害科学国際研究所・助教

研究者番号：80819673

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000 円

研究成果の概要（和文）：津波警報の信頼性向上や激甚被災地の探索技術を開発するためには、津波の観測体制を充実させることが重要である。そこで、本研究では、新たな津波観測技術として期待されている海洋レーダを用いて、津波波峰を推定する手法を検討し、南海トラフ巨大地震津波を対象としてその精度を検証した。南海トラフでのMw9.1, 8.6の津波波源を初期条件として津波伝播計算を実施し、海洋レーダで観測される視線方向流速分布から津波波峰推定を実施した。その結果、波峰の位置は良好に推定でき、波峰の水位は-20%から10%の誤差範囲で推定できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

東日本大震災において、日本や米国の沿岸に設置された海洋レーダによる津波の観測に初めて成功し、海洋レーダによる津波検知の可能性が実証された。これを受け、国内外でも津波を観測対象とした海洋レーダの研究が実施されているが、津波流速の観測や津波伝搬の検知が中心であった。これらの背景を踏まえ、本研究は、1局の海洋レーダで津波波峰推定を試みたものであり、その学術的意義は高いと考えられる。また、今回の検討手法により、来襲する津波波峰の位置をリアルタイムに推定できることから、避難行動や発災後の救助活動など津波防災実務への貢献も期待される。

研究成果の概要（英文）：In order to improve the reliability of tsunami warnings and to develop techniques to search for severely affected areas, it is important to improve the tsunami observation system. In this study, a method to estimate tsunami wave peaks using oceanographic radar, which is expected to be a new tsunami observation technology, was investigated. Its accuracy was verified for the Nankai Trough giant earthquake tsunami. The accuracy of the method was verified for the Nankai Trough earthquake tsunami. Tsunami propagation calculations were carried out using the initial conditions of Mw 9.1 and 8.6 tsunami sources in the Nankai Trough. As a result, the position of the wave peaks was estimated well, and the water level of the wave peaks was estimated with an error range of -20 to 10%.

研究分野：津波防災

キーワード：海洋レーダ 津波波峰推定 南海トラフ地震津波 特性化波源モデル 不均一すべり分布 津波観測情報

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

2011年東北地方太平洋沖地震津波においては、津波警報が過小評価となったことや被災状況の把握が遅れたことが人的被害を拡大した要因になった。今後発生が懸念されている南海トラフでの巨大地震津波に備えて、津波警報の信頼性向上や激甚被災地の探索技術の開発が求められており、そのためには津波の観測体制を充実させることが重要である。GPS波浪計、DONETおよびS-Netなどが既に実用化されているが、それらに加えて、新たな津波観測技術として海洋レーダが期待されている。東日本大震災において、日本や米国の沿岸に設置された海洋レーダによる津波の観測に初めて成功し、海洋レーダによる津波検知の可能性が実証された。これを受け、国内外でも津波を観測対象とした海洋レーダの研究が実施されているが、津波流速の観測や津波伝搬の検知が中心であった。

2. 研究の目的

海洋レーダを用いた防災技術の構築を見据え、波峰推定など定量的な評価が重要である。そこで本研究では、1局の海洋レーダを用いた津波波峰を推定する手法を検討し、南海トラフ巨大地震津波を対象とした波峰推定を実施した。そして、激甚被災地探索を見据えて、レーダ周辺で観測される津波高とレーダで観測された流速の関係を検討した。なお、本研究では、実観測データがないため、数値計算結果を海洋レーダの観測値と仮定して検討を行った。

3. 研究の方法

(1) 本研究で用いた海洋レーダ

本研究では、国土交通省国土技術政策総合研究所が所有する短波海洋レーダ(長野日本無線製)を用いた。和歌山県美浜町と白浜町で、2012年10月から2016年2月まで実際に観測が行われていた。レーダ前面90度の海域の視線方向流速(測線上の速さ、+:岸側方向、-:沖側方向)を100km以内1.5km間隔で計測している。128秒解析した場合、4.8cm/s以上の流速が発生している海域を観測可能である。海洋レーダはビーム上の視線方向流速を観測しているため、岸向きの流速を正とする。本研究では、観測域が紀伊水道の南に設定されていた美浜局を対象とした。

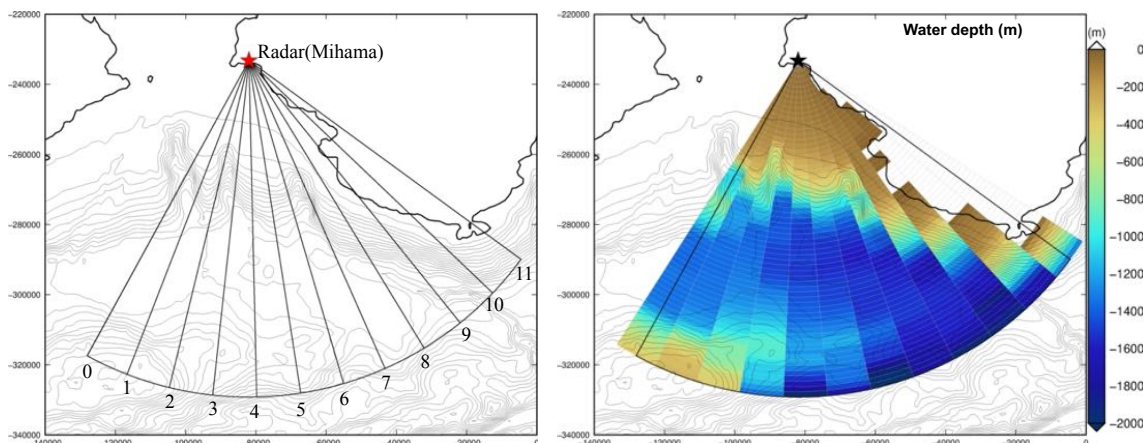


図-1：美浜局の観測面と測線および観測面の水深

(2) 設定した津波シナリオ

海洋レーダを用いた津波波峰推定法の適用例として、南海トラフ巨大地震津波を対象とした。地震規模は、Mw9.1とMw8.6を検討した。対象となる津波波源は、背景領域、大すべり域および超大すべり域の3つの領域で構成されている。

本研究では、杉野ら(2014)を踏まえ、Mw8.6の場合は2領域(大すべり域、背景領域)の構成、Mw9.1の場合は超大すべり域を加えた3領域の構成とした。大すべり域と超大すべり域の形成位置は、紀伊水道沖と仮定した。各領域におけるその他の断層パラメータは以下の通り設定した。断層上端深さHは0.5km、走向θはトラフ軸に平行(244度)となるように設定し、すべり角λは90度、傾斜角δは20度とした。推定法の改善時には、津波波源の形状がより複雑な内閣府想定(2012)の津波シナリオ3を使用した。

(3) 津波数値計算の条件

設定された津波シナリオに対してOkada(1992)の方法を適用し求めた津波波源(図-2)を初期条件として、津波の伝播計算を実施した。計算領域の格子サイズは1000mとした。海洋レーダの観測面における視線方向流速および水位の時空間分布を1分間隔で出力した。ただし、ビーム9~11は、陸域を含んでいることから対象外とした。

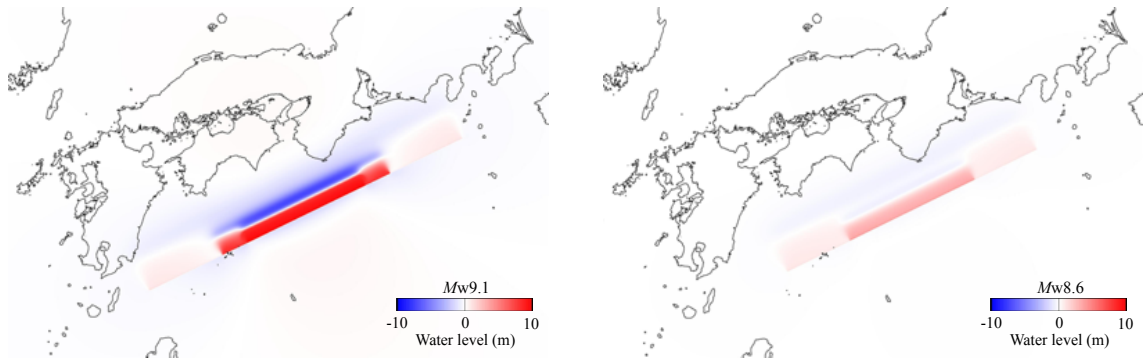


図-2：津波波峰推定に用いた津波シナリオの一例（左：Mw9.1，右：Mw8.6）

4. 研究成果

(1) 1局の海洋レーダーを用いた来襲する津波波峰の推定

今回は、以下の方法で津波波峰推定を試みた。海洋レーダーで観測される各ビーム上の視線方向流速から最大値を抽出し、波峰の位置を推定した。また波峰の水位は、進行波を仮定し、次式 ($\eta = Vh/C$) を用いて抽出した流速の最大値を水位に換算した (V : 波向き方向の流速成分, C : 線形長波の波速, η は水位, h はレーダー観測点の水深)。検証用のデータとして、数値計算で出力した水位分布から、各ビーム上の最大値 (位置および水位) を抽出し、津波波峰の解析値とした。本研究では、数値計算において出力した視線方向流速を海洋レーダーの観測値と仮定して推定を行った。

Mw9.1 津波を検討した結果 (図-3)、波峰の位置は全体的に 3.0km 以内 (レーダ局に対して沖側) の誤差で、良好に推定できることが示された。波峰の水位推定は、全体的に-20%~+10%の誤差で推定できるが、視線方向流速を用いていることから、一部-30%を超える誤差が生じることが明らかになった。表層流速を用いることで、その誤差が改善される事が示された。Mw8.6 津波の場合でも、同様の傾向が確認された。

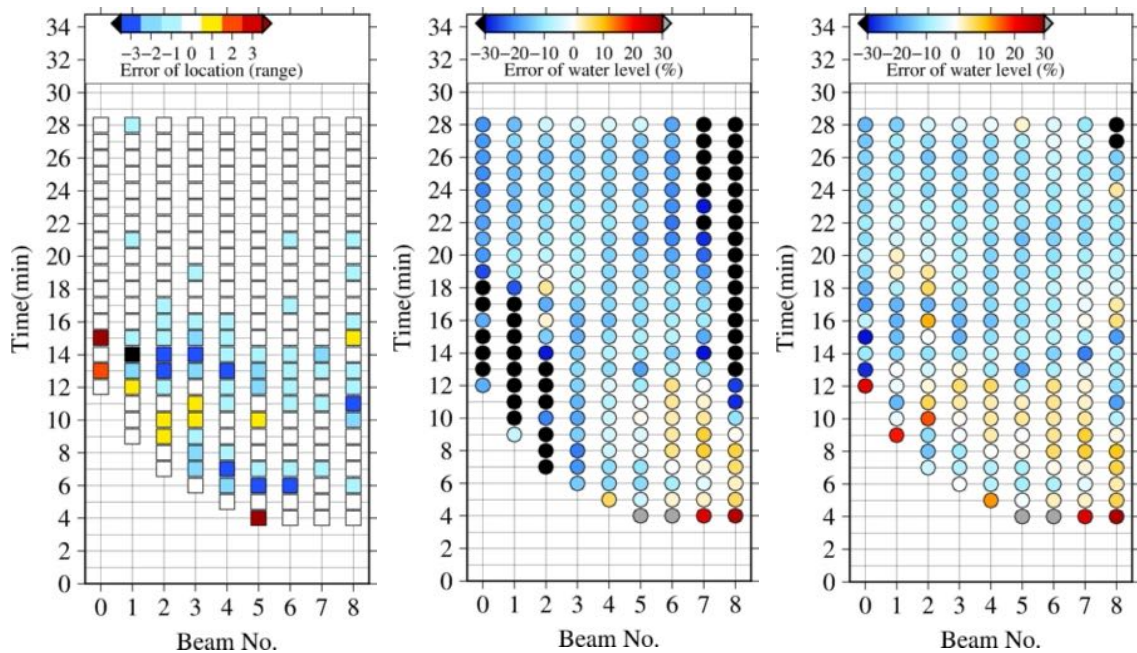


図-3：Mw9.1において推定した津波波峰と解析値との誤差の推移

次に、内閣府想定シナリオ3を対象に、同様の検討を行った。その結果、上記の結果と比較して、津波波峰の推定精度が低下することが明らかになった。これは、外力条件として用いた津波波源の複雑性が主な原因であると考えられた。

そこで、津波波峰の抽出法を改善した。具体的には、海洋レーダーの各測線上で観測された視線方向流速を、レーダ局側から沖側まで一定範囲内で移動探索し、最大値を抽出する方法である。初期の抽出方法は、測線上の全区間において最大値を探索するのに対して、改善手法は探索範囲を短く設定した点異なる。改善手法を適用した結果、内閣府想定シナリオ3によって形成される2つの峰も捉える事が確認できた。ただし、探索範囲の幅は、シナリオや設置場所近辺の海底地形を踏まえ調整する必要性が示唆された。

より実際的な状況を踏まえ、潮流やノイズ等を考慮した場合も検討した。具体的には、計算により得られた流速結果を用いて、Fuji & Hinata (2017) による仮想津波実験を行い、Ogata et al. (2018) の手法を用いて、仮想津波実験の計算結果から津波成分を抽出した。こちらの場合も津波波峰を抽出できることが確認された。今後の課題として、定量的な誤差評価が必要である。

(2) 海洋レーダを用いた沿岸での津波高推定手法に関する基礎検討

レーダ局周辺の津波高と観測された津波流速の関係を検討した際には、次の津波シナリオを用いた。Mw8.78~7.30 までの 10 種類の規模を想定し、津波波源の中央が紀伊水道沖となるよう形成位置を設定した (図-4)。津波シナリオの不確かさを考慮するために、断層長は 77km~768km の 10 通り、断層幅は断層長の 1/2 と仮定し、地震発生層を超える場合は地震発生層で打ち切った。すべり量は相似則を用いて断層長から計算した。その他の条件 (断層深さ、走向、すべり角、傾斜角) は前述と同様の値を用いた。津波数値計算は、前述と同様である。

海洋レーダの観測面における視線方向流速、レーダ局周辺の水位分布を出力した。30 分以内に海洋レーダで観測された最大流速と 60 分以内に観測された最大水位の関係を検討した結果、相関関係が確認された (図-5)。

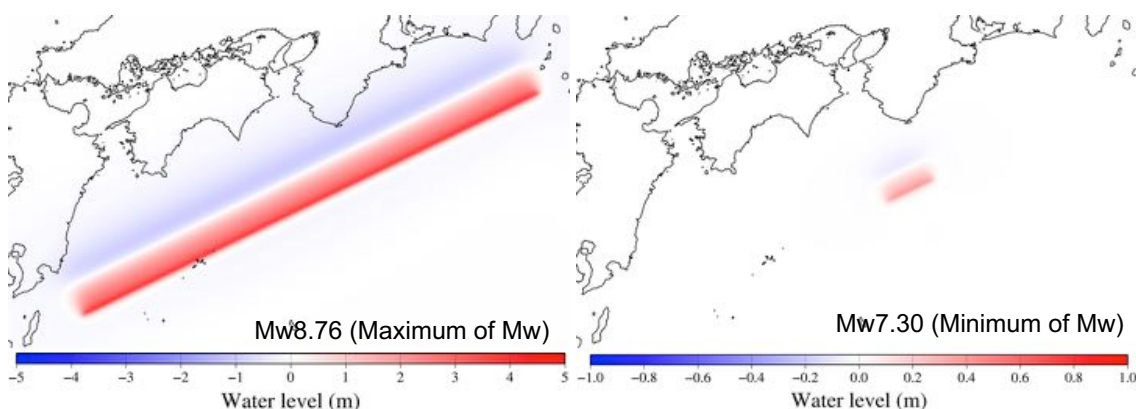


図-4：検討に用いた津波シナリオの一例 (左：Mw8.76, 右：Mw7.30)

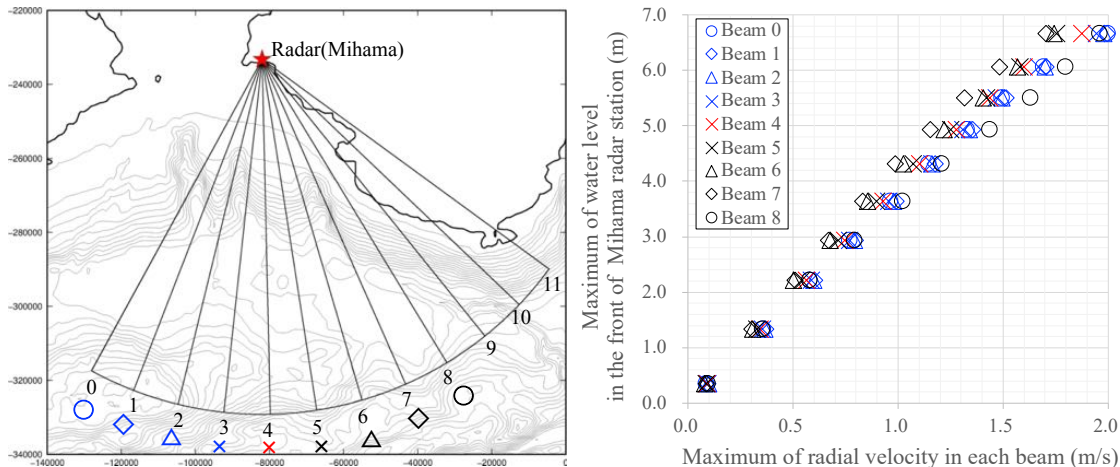


図-5：各測線で観測された最大流速とレーダ局周辺で観測された最大水位の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 SETO Shuji, TAKAHASHI Tomoyuki, HINATA Hirofumi, FUJI Ryotaro, Imamura Fumihiko	4. 巻 74
2. 論文標題 ESTIMATION OF THE WAVE PEAK OF TSUNAMI BY USING A SINGLE OCEANOGRAPHIC RADAR AND ITS APPLICATION	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_511 ~ I_516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.I_511	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ogata Kohei, Seto Shuji, Fuji Ryotaro, Takahashi Tomoyuki, Hinata Hirofumi	4. 巻 10
2. 論文標題 Real-Time Tsunami Detection with Oceanographic Radar Based on Virtual Tsunami Observation Experiments	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1126 ~ 1126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs10071126	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Shuji SETO , Tomoyuki TAKAHASHI , Hirofumi HINATA , Ryotaro FUJI , Fumihiko IMAMURA
2. 発表標題 Feasible Study for Predicting Tsunami Height by Using Oceanographic Radar Installed in Wakayama Prefecture
3. 学会等名 AOGS 16th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------