

令和 5 年 6 月 25 日現在

機関番号：14301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2022

課題番号：20K22432

研究課題名（和文）津波即時予測のための周波数特性を考慮した地形による津波増幅効果の定量化

研究課題名（英文）Quantification of tsunami amplification effects due to bathymetry considering frequency characteristics for real-time prediction

研究代表者

宮下 卓也（Miyashita, Takuya）

京都大学・防災研究所・助教

研究者番号：60874104

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）：地形による津波の周波数応答特性を求めた。まず、確率的断層生成モデルを用いて南海トラフ地震を対象にランダムなすべり分布をもつ断層モデルを多数生成し、それぞれ津波計算を行った。この津波計算結果から波源域・沿岸域での時系列波形のスペクトル解析を行うことで津波の応答関数を求めた。求めた応答関数については、地形形状から概算した固有周期と比較し、その妥当性について評価した。その結果、対象地点間のスペクトル比のシナリオ間アンサンブルをすることで、津波伝播過程でのそれぞれのスケールに対応した卓越周期が抽出された。また、抽出した応答関数は単純化した地形条件での理論的な共振周期と一致し、本手法の妥当性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

津波や高潮などの長波の挙動は海底地形の影響を大きく受ける。本研究では、地形によって津波がどのように応答し、沿岸域でどのように増幅するかを定量化した。この応答は、外洋から沿岸部へ進行する津波の変化を予測しうるものであり、即時予測手法の改良や沿岸域での津波の継続時間の予測への応用が期待される。

研究成果の概要（英文）：Tsunami responses in frequency domain due to bathymetry effect were quantitatively obtained. First, tsunami simulations were performed for the Nankai Trough earthquakes using a stochastic fault generation model. From the tsunami simulation results, the tsunami response functions were obtained by performing a spectral analysis of the simulated tsunami waveforms in the source and coastal regions. The obtained response were validated by comparing them with the resonance periods estimated from the linear wave theory. As a result, the predominant periods corresponding to each scale in the tsunami propagation process was extracted by ensemble of spectral ratios among the scenarios. The extracted response functions are consistent with the theoretical resonance period under simplified topographic conditions, indicating the validity of the method.

研究分野：海岸工学

キーワード：津波 周波数応答

#### 1. 研究開始当初の背景

我が国において、地震津波は特に甚大な被害を及ぼしてきた。津波は沿岸域において振動が数時間～数日にわたって継続することや、数千 km 離れた地域で津波が発生しても、沿岸で増幅され数十 cm 以上の津波が来襲すること等の現象が挙げられる。これらは規模が比較的小さく、高頻度の地震に対しても発生しうるものであり、沿岸域で津波がどのように増幅し、どの程度長く継続するのかを科学的に定量化することは、予測および避難に対して急務な課題である。

これらの津波の特徴的な現象は、津波波形の多様性と地形による効果が大きな影響を与えている。津波挙動は地形との応答・共振現象に支配され、地形ごとに異なる応答特性を持つため個別に解明することが重要である。しかし、応答関数はその重要性にも関わらず、これまで定量化されてこなかった。

#### 2. 研究の目的

本研究の目的は、地形分布が津波波高にもたらす影響の解明、および津波挙動の空間・時間スケールが異なる領域ごとに地形の影響を個別に抽出し、各伝播過程の応答特性を量的に示すことである。

#### 3. 研究の方法

以下の 4 項目を順に実施する。(1)伝播経路推定、(2)津波モンテカルロシミュレーション、(3)周波数応答解析、(4)地形増幅効果の定量化。各項目について以下に詳述する。

(1) 伝播経路推定：津波の地形による応答特性を定量化するためには、波面が波源域からどのような経路を辿り沿岸域に達するかを把握する必要がある。このため、ray tracing 手法を用いて津波が沿岸地点に達するまでの経路を様々な波源を対象に推定する。日本の海岸を対象に、沿岸域の高解像度地形データを用いて計算する。この際、等深線と津波 ray の経路の交点を基準とし、津波挙動の空間スケールが大きく変化する主要な点を抽出する(図 1)。

(2) 津波モンテカルロシミュレーション：地形の特徴的な応答を抽出するためには、多様な津波の入射条件(波長・波向)を用いて計算を行うことが必要である。そこで Goda et al.(2016)を基本とした確率津波モデルを用いて、多数の震源モデルを人工的に生成し、個々のシナリオについて津波伝播計算を行う。津波計算の基礎式は非線形長波方程式とする。項目(1)の計算によって得た ray path 上の点における時系列波形を抽出する。

(3) 周波数応答解析：津波の波源情報と沿岸域の津波波形(応答振動)から応答関数を抽出する。項目(2)の計算結果から津波波形のスペクトル比を算出し、伝播過程における振幅成分の変化を求める。スペクトル比について多数シナリオの幾何平均をとることで、特徴的な地形効果が現れる。これを応答関数とし、その分布や周辺地形による影響について考察する(図 2)。

(4) 地形増幅効果の定量化：項目(3)で得た応答関数を用いて、周波数特性を考慮した地形による増幅率を計算する。項目(3)へのフィードバックを行いつつ、適切な時系列データ範囲、増幅率算定のためのフィルタリング手法を推定する。得られた増幅率を用いて、津波波高に対する波源と地形それぞれの寄与率を算定する(図 3)。

#### 4. 研究成果

対象地点間のスペクトル比のシナリオ間アンサンブルをすることで、津波伝播過程でのそれぞれのスケールに対応した卓越周期が抽出された。また、抽出した応答関数は単純化した地形条件での理論的な共振周期と一致し、本手法の妥当性が示された。本研究で求めた応答関数は、波源スペクトルからの畳み込みによる沿岸域の最大津波振幅の予測や、津波の継続時間の定量的予測への応用が期待される。以上の成果は、土木学会論文集 B2(海岸工学)に掲載され、海岸工学講演会で口頭発表された。

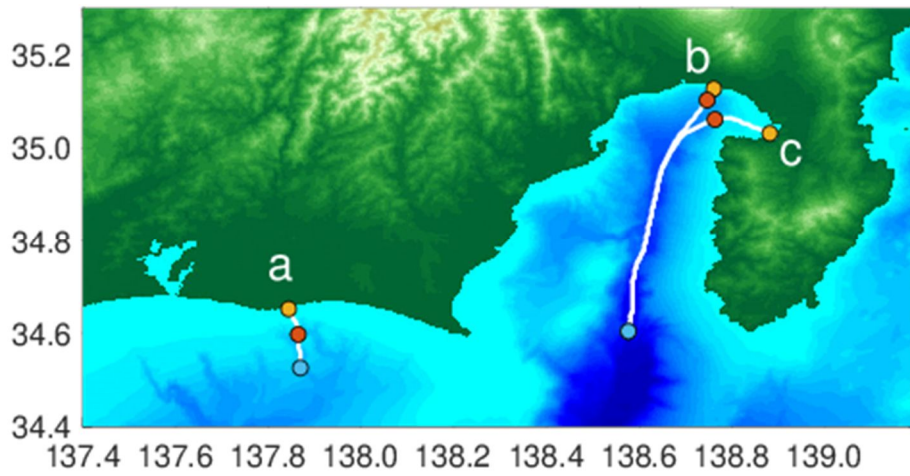


図 1: Ray tracing 手法で得た津波の進行先端部の伝播経路

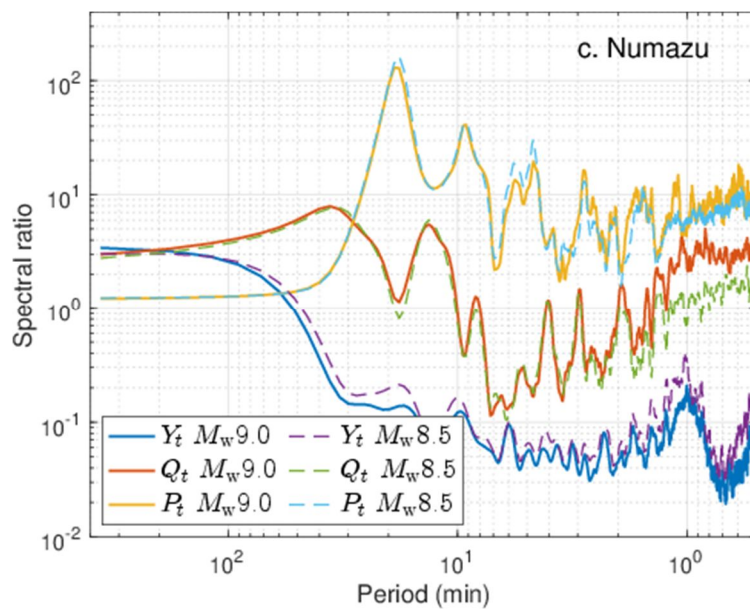


図 2: c 地点 (図 1) を対象としたにおける津波の周波数応答

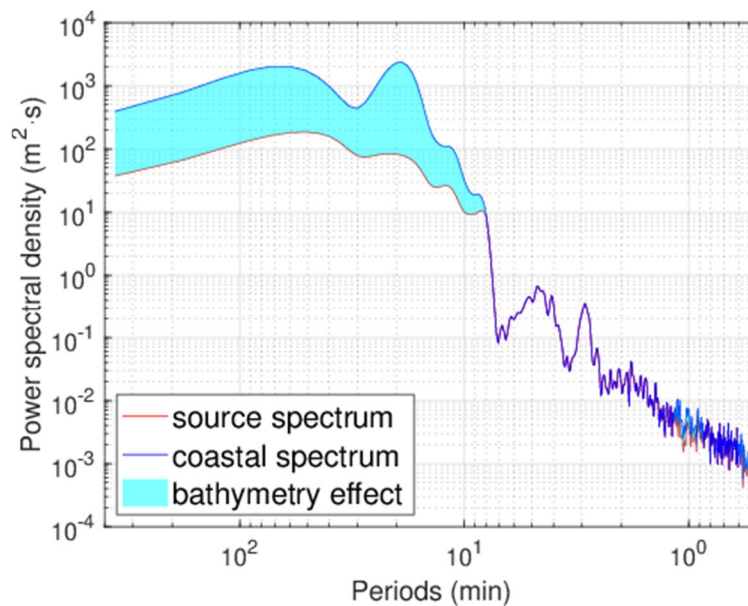


図 3: 地形による増幅効果と寄与率の算定方法の概要

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 0件）

1. 著者名 宮下 卓也, 倉田 一輝, 安田 誠宏, 森 信人, 志村 智也	4. 巻 77
2. 論文標題 確率津波モデルを用いた南海トラフ巨大地震による津波高の不確実性評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_181 ~ I_186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.77.2_I_181	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 宮下卓也, GOMEZ-RAMOS Octavio, 森信人	4. 巻 76
2. 論文標題 適合格子細分化法を用いた南海トラフ沿いの巨大地震津波の数値計算	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_289 ~ I_294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.2_I_289	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 宮下卓也
2. 発表標題 確率津波モデルを用いた南海トラフ巨大地震による津波高の不確実性評価
3. 学会等名 第68回海岸工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮下卓也
2. 発表標題 Estimation of Tsunami Response Functions Considering Bathymetry in the Pacific Coast of Japan
3. 学会等名 30th International Tsunami Symposium (ITS) (国際学会)
4. 発表年 2021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
---------	---------