

第Ⅱ部門

2022年トンガ火山噴火に伴う津波の再現計算と日本沿岸域での最大振幅の要因推定

関西大学大学院理工学研究科 学生員 ○西野 藍
 京都大学防災研究所 正会員 宮下 卓也
 関西大学環境都市工学部 正会員 安田 誠宏
 京都大学防災研究所 正会員 志村 智也
 京都大学防災研究所 正会員 森 信人

1. 序論

日本時間 2022 年 1 月 15 日 13 時頃、フンガトンガ・フンガハアパイ火山で大規模な噴火が発生した。日本沿岸では 2 hPa 程度の気圧変化に伴い、津波の伝播速度・距離から予想される到達時刻よりも数時間早く津波が観測され、いくつかの観測点で後続の津波高さが 1 m を超えた。これらは気圧波が海面を励起し、伝播過程で複数の要因によって津波が増幅したと考えられる。しかし、最大振幅を十分に説明できる外力条件や日本沿岸各地での増幅要因の構成比は解明されていない。本研究では、適切な気圧波の時空間データを作成したうえで、日本周辺海域を対象に噴火に伴う津波の再現計算を行う。また、複数の気圧条件による数値実験結果と観測記録との比較により、日本沿岸各地の最大振幅の要因を推定することを目的とする。

2. 研究内容

(1) 気圧外力データ作成

観測記録や Gusman ら[1]に基づく気候パラメータを用いて、図-1 に示すように、気圧波（大気ラム波・大気重力波）の時空間データを作成した。ラム波については、観測記録から速度を 310 m/s、振幅を噴火口からの距離で減衰する関数として、日本周辺で 2 hPa 程度となるように定めた。大気重力波については、分散関係（小倉[2]）を考慮しつつ、有限個の多様な波長の波を重ね合わせることで気象庁の観測気圧波形を再現した。ラム波のみが伝播する場合を Pres L、それぞれの波長をもつ大気重力波が噴火口から 1 波長分だけ放射される場合と、継続的に放射される場合をそれぞれ Pres A、B とした。

(2) 津波伝播計算

(1) で作成した海面気圧を外力とした計算を行った。津

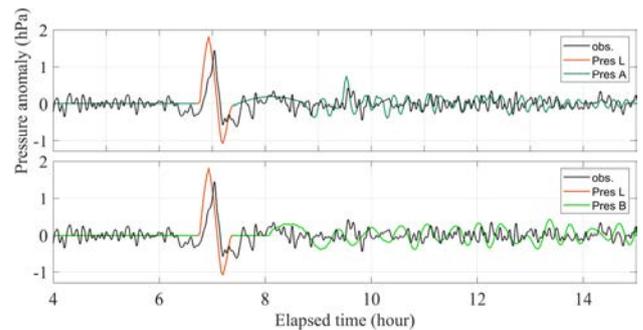


図-1 気圧波の時系列図（比較観測点：八丈島）

波伝播計算には、非線形長波方程式を基礎とし、解適合格子法を採用した数値モデル GeoClaw を用いた。積分計算時間は噴火から 15 時間とし、空間解像度（最高解像度 5 秒角）と積分時間間隔は CFL 条件を満たすよう動的に設定した。計算領域は図-2 に示すとおりである。

(3) 津波計算結果および最大振幅の要因推定

ラム波および大気重力波を考慮した津波計算結果の時系列波形を図-3（Pres L および Pres A）、図-4（Pres L および Pres B）に示す。橙線がラム波のみを考慮した計算結果、緑線が最高 1 分角での計算結果、青線が最高 5 秒角での計算結果である。以降、1 分角の解像度での計算を低解像度、5 秒角での計算を高解像度と呼ぶ。ラム波のみを考慮した Pres L 条件の計算結果の第一波は、観測の初期津波到達時刻付近で概ね一致し、到達から 2 時間程度の波形を良好に再現している。この結果から、初期水位変化はラム波により励起され、その影響は 2 時間程度継続したことがわかった。ラム波に加えて大気重力波を考慮した結果（緑線）を見ると、噴火から約 9 時間後以降の波形が増幅され、大気重力波の成分が増幅に寄与したことがわかる。

父島では、共振周期に相当する気圧波によって、Pres A が波形を最も良好に再現している。久慈では、最高 1 分

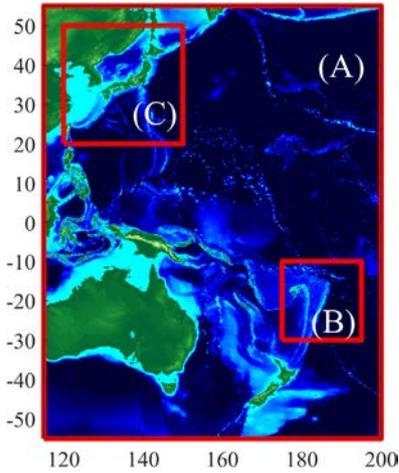


図-2 津波計算領域および水深標高分布

表-1 図-2 の計算領域ごとの最高空間解像度

| 計算領域 | 最高空間解像度 |
|-------------|--------------|
| (A) 計算領域全体 | 12 分角 |
| (B) トンガ火山周辺 | 4 分角 |
| (C) 日本周辺 | 1 分角または 5 秒角 |

角の計算での増幅は 20 cm 程度で最大振幅の再現はできていない。しかし、沿岸域の空間解像度を 5 秒角まで上げることで、湾スケールの共振現象が再現され、Pres A, B 条件ともに観測波形の最大と概ね同等の増幅がみられた(青線)。同様に、日本沿岸の多くの地点で、高解像度の詳細な地形効果を考慮することで顕著な増幅がみられ、最大振幅や波形を概ね再現できた。

Pres B 条件での計算と観測の最大振幅比較のまとめを図-5 に示す。沖縄地方と東日本沿岸では、最大振幅を概ね再現していることがわかる。特に、東北・北海道沿岸では、高解像度計算(青)による増幅が大きく、共振周期に対応する波の継続的な入射による寄与が大きいことがわかった。一方で、西日本の奄美や四国、御前崎では観測と計算結果の最大振幅の差が大きく、本研究のモデルでは最大振幅を再現することができなかった。

3. 結論

トンガ火山噴火による津波再現計算を行った結果、東日本沿岸の時系列波形や最大振幅を良好に再現した。特に東北地方沿岸では、プラウドマン共鳴を引き起こすような速度成分だけでは観測された最大振幅を説明できず、湾水振動の寄与が比較的大きいことがわかった。また、最大振幅が比較的小さい観測点では、浅水変形とプラウドマン共鳴が最大振幅の主要因と推定された。一方、奄美や

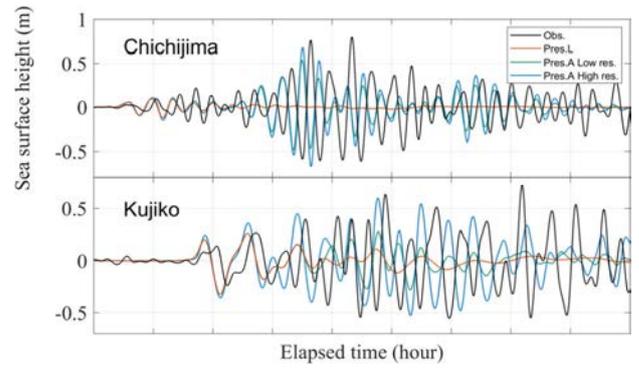


図-3 Pres L および Pres A を外力条件とした津波計算結果と観測波形の比較(父島と久慈港)

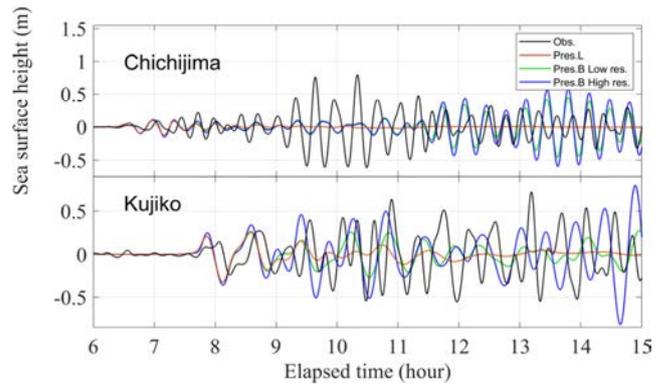


図-4 Pres L および Pres B を外力条件とした津波計算結果と観測波形の比較(父島と久慈港)

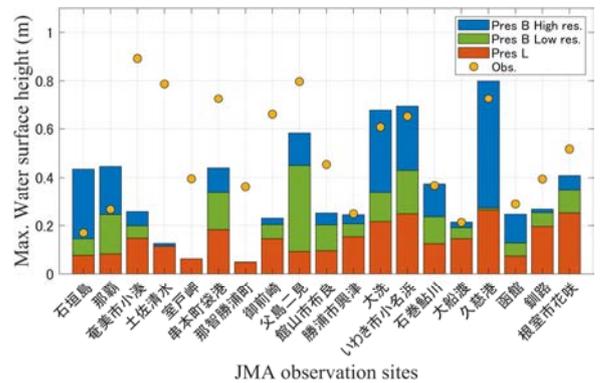


図-5 Pres B 条件における最大振幅の観測値との比較

高知では最大振幅を十分に再現できず、要因は明らかになっていない。これらの地点では、水面上を伝播する過程で発生した気圧波に含まれない周波数成分が津波増幅に寄与した可能性が考えられる。

参考文献

[1] Gusman, A. R., Roger, J., Noble, C., Wang, X., Power, W., Burbidge, D.: The 2022 Hunga Tonga-Hunga Ha'apai Volcano Air-Wave Generated Tsunami, *Pure and Applied Geophysics*, 179, pp.3511-3525, 2022.
 [2] 小倉義光:気象力学通論, 東京大学出版会, pp.153-176, 1978.