

浅瀬を有する島嶼に入射する津波の数値解析

柿沼 太郎*・久保 達郎**

1. 序 論

エーゲ海のサントリニ島における火山噴火に伴う津波は、津波に関する最古の記録の一つと言われている¹⁾。火山活動が活発な地域に位置する島嶼では、島嶼及びその近傍に、津波波源の生じる可能性が高い。この場合、海洋で発生する海底地震津波ほど、津波高さが大きくならなくても、津波が発生した時刻から、陸上に遡上した津波の水位にピークが現れるまでの時間が短くなるという危険性を有する。また、2018年12月には、インドネシアのスンダ海峡にある活火山のアナク・クラカタウが噴火し、地盤の崩落により津波が発生した²⁾。すなわち、島嶼自体が、津波の発生源となった。

一方、2004年12月のインド洋大津波は、島国であるスリランカやモルディブに到達したが、これは、遠方の海底地震に伴い発生した巨大津波が、島嶼を襲った例である。

約 500 km にもわたって連なる、鹿児島県の薩南諸島も、こうした津波に対して防災対策を進めておく必要がある。近年においても、2009年10月の奄美大島北東沖地震等に伴い、津波が島嶼に達している³⁾。しかしながら、島嶼部における津波の挙動に関しては、未解明な点が多い。島は、津波を捕捉し、津波高さを増幅させる特性を示す⁴⁾。また、島嶼周辺の海底地形は、複雑な様相を呈していることが多く、例えば、波浪に対してであるが、南西諸島のリーフ地形上で、水位の異常な上昇が観測されている⁵⁾。

そこで、本研究では、島嶼周辺における津波の基礎的研究として、与論島のようにサン

ゴ礁等の浅瀬を有する島嶼の、モデル地形に入射する津波の3次元数値解析を行ない、浅瀬の有無や位置が、津波の伝播過程に対してどのような影響を及ぼすのかを調べる。

2. 数値解析の手法及び条件

数値モデルとして CADMAS-SURF/3D⁶⁾ を適用し、図1～図4に示すような水域内の、3次元流体運動を解析対象とする。ここで、図1～図4には、俯瞰図と側面図が描かれている。このうち、図1は、浅瀬のない円柱状の島嶼がある水域を示す。円柱状の島嶼の半径は、100.0 m である。

また、図2～図4は、周辺に浅瀬のある円柱状の島嶼がある水域を示す。図2～図4の場合には、島嶼周辺に半径 300.0 m の円柱状の浅瀬が存在する。ここで、浅瀬は、島嶼に対し、図2に示す場合には、周囲に、図3に示す場合には、主として後方に、そして、図4に示す場合には、主として前方に位置する。

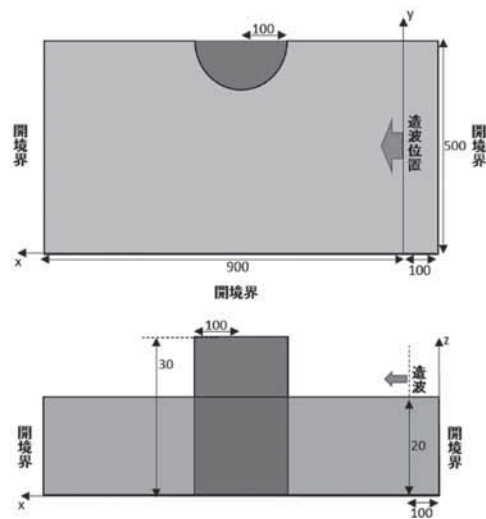


図1 浅瀬のない島嶼(単位:m)

* 鹿児島大学学術研究院理工学域

** 国土交通省九州地方整備局

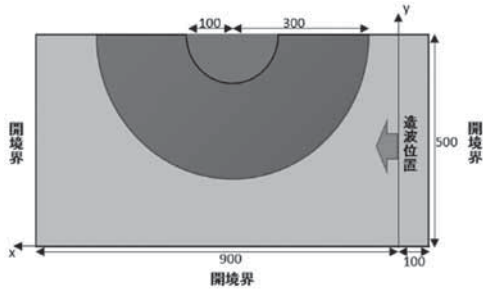


図 2 浅瀬が周囲にある島嶼

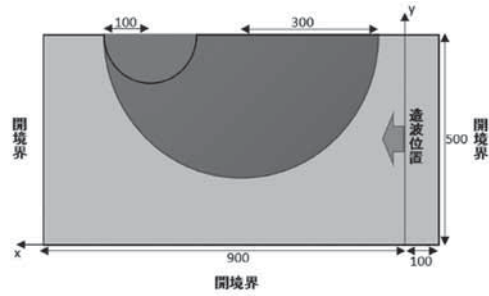


図 4 浅瀬が主として前方にある島嶼

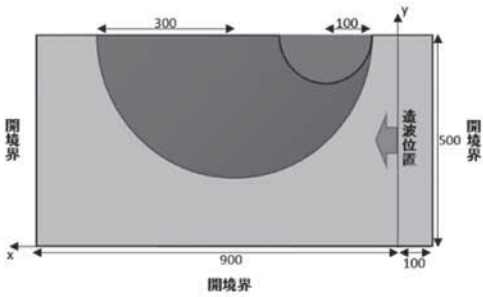


図 3 浅瀬が主として後方にある島嶼

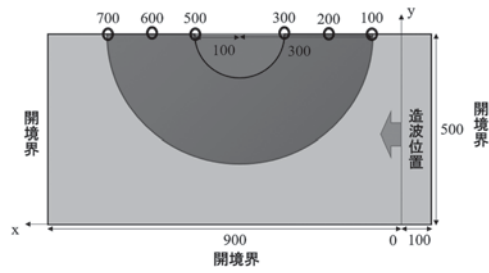


図 5 図 6, 図 7 及び図 8 に示す水面変動の位置

図 1 ~ 図 4 において、 $y = 500.0 \text{ m}$ を完全反射境界とし、対象領域の半分のみを計算対象としている。また、海域の他の境界には、Sommerfeld の放射条件を適用する。

図 1 の島嶼外及び図 2 ~ 図 4 の浅瀬外の静水深 h_0 は、 20.0 m で一様とし、他方、浅瀬上の静水深 h は、 6.0 m 、または、 3.0 m の 2 通りとする。簡単のために、底面摩擦の影響を無視し、陸域の浸水を考えない。

計算格子間隔は、 $\Delta x = \Delta y = 2.0 \text{ m}$ とし、また、静水位を $z = 0.0 \text{ m}$ として、 $-20.0 \text{ m} \leq z < -6.0$

m で $\Delta z = 2.0 \text{ m}$ 、 $-6.0 \text{ m} \leq z \leq 10.0 \text{ m}$ で、 $\Delta z = 0.5 \text{ m}$ とする。他方、計算時間間隔は、CFL 条件を満足するよう自動的に決定する。

海域内の位置 $x = 0.0 \text{ m}$ において与える入射波は、波高が 2.0 m である孤立波とする。

3. 浅瀬の存在が島嶼に入射する津波に与える影響

津波に対して浅瀬の存在が与える影響を考察するため、図 1 と図 2 の場合を比較する。図 5 に示す、各領域の $y = 500.0 \text{ m}$ に沿った $x = 100.0 \text{ m}$ 、 200.0 m 、 300.0 m 、 500.0 m 、 600.0 m 及び 700.0 m の 6 地点における水面変動を図 6、図 7 及び図 8 に示す。ここで、図 6 は、浅瀬のない場合、図 7 は、浅瀬上の静水深が $h = 6.0 \text{ m}$ である場合、そして、図 8 は、

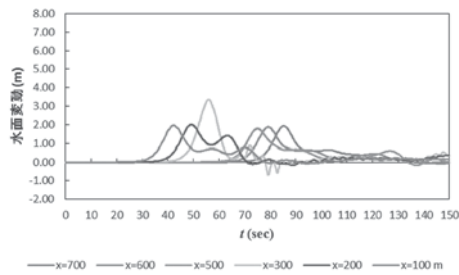


図6 図5に示す各地点における水面変動(浅瀬のない場合)

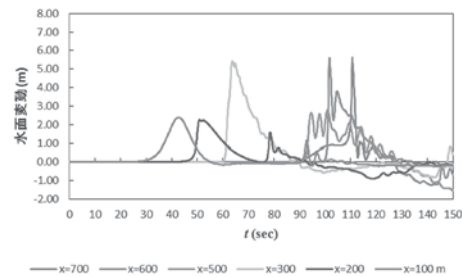


図8 図5に示す各地点における水面変動(浅瀬上の静水深 $h = 3.0$ m)

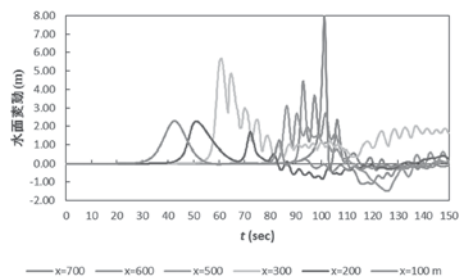


図7 図5に示す各地点における水面変動(浅瀬上の静水深 $h = 6.0$ m)

浅瀬上の静水深が $h = 3.0$ m である場合の数値解析結果を示している。

図6, 図7及び図8より, 浅瀬のある場合, 浅瀬上で浅水変形が生じ, 浅瀬のない場合よりも, 島嶼前方の $x = 300.0$ m における津波高さが大きい。

また, いずれの場合も, 島嶼沿岸の $x = 300.0$ m 及び 500.0 m では, 島嶼前面における津波高さが大きく, 浅瀬上の静水深が $h = 6.0$ m 及び $h = 3.0$ m の場合に, 津波高さが 6 m 程度である。そして, $h = 6.0$ m の場合のみ, 浅瀬上で波の分裂が顕著である。更に, 津波高さは, $h = 3.0$ m の場合に, $x = 600.0$ m 及び 700.0 m で, 島嶼前面の津波高さと同程度の約 6 m となり, $h = 6.0$ m の場合に, $x = 700.0$ m で, 島嶼前面の津波高さを大きく上回っている。これは, 島嶼の左右より伝播した比較的大きな津波が, 島嶼背後で衝突したためである。

4. 浅瀬の位置の違いが島嶼に入射する津波に与える影響

浅瀬の位置の違いが津波に与える影響を調べるために, 図2, 図3及び図4の場合を比較する。浅瀬上の静水深は, いずれの場合も $h = 3.0$ m とする。図2, 図3及び図4の各場合における島嶼周辺の水位分布をそれぞれ図9, 図10及び図11に示す。ここで, 造波開始時刻を $t = 0.0$ s として, それぞれ, $t = 73.0$ s, $t = 46.0$ s 及び $t = 94.0$ s における水位分布を示している。また, 水位分布のスケールを図12に示す。

島嶼前面における津波高さは, 図3に示す, 浅瀬が主として島嶼の後方にある場合に, 最も低くなり, 図4に示す, 浅瀬が主として島嶼の前方にある場合に, 最大となっている。

また, 浅瀬上の津波高さは, これら3ケース間で, 大きな違いが見られない。これは, 島嶼の背後で, 波高の大きな津波の衝突が生じなかったためである。

しかしながら, 津波高さの分布は, 3ケースで異なった。すなわち, 図9に示す, 浅瀬が島嶼の周囲にある場合には, 津波高さの大きな地点が, 島嶼沿岸に沿って島嶼背後へと移動していった。これに対し, 図10に示す, 浅瀬が主として島嶼の後方にある場合には, 津波高さの大きな地点は, 島嶼前面付近に限られた。そして, 図11に示す, 浅瀬が主として島嶼の前方にある場合には, 同時刻に津波高さの大きくなる海岸線長が大きくなったが, これは, 多方向からの津波の陸上遡上が

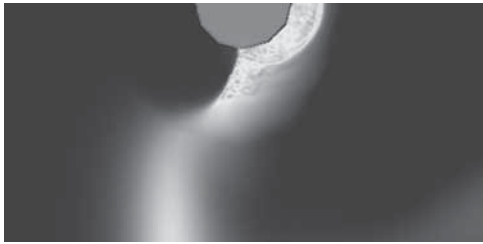


図 9 浅瀬が周囲にある島嶼周辺の水位分布 ($t = 73.0$ s)



図 10 浅瀬が主として後方にある島嶼周辺の水位分布 ($t = 46.0$ s)

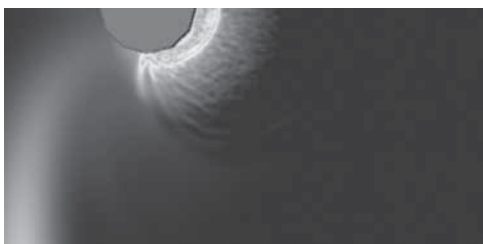


図 11 浅瀬が主として前方にある島嶼周辺の水位分布 ($t = 94.0$ s)



図 12 図 9, 図 10 及び図 11 に示す水位分布のスケール (単位: m)

同時刻に生じる可能性のあることを示唆している。

5. 結 論

浅瀬を有する島嶼のモデル地形に入射する津波の 3 次元数値解析を行ない、浅瀬の有無や位置が、津波の伝播過程に対してどのような影響を及ぼすのかを調べた。浅瀬が島嶼の周囲にあるとき、浅瀬上の静水深が比較的深

い場合に、浅瀬上での波の分裂が顕著となり、また、島嶼の左右を通過した津波の衝突により、島嶼背後の津波高さが島嶼前面より大きくなった。そして、浅瀬が主として島嶼の前方にある場合には、同時刻に津波高さの大きくなる海岸線長が大きくなった。

参考文献

- 1) 首藤伸夫: 地中海の津波—主にソロヴィエフ他に基ついて—, 津波工学研究報告, 第 33 号, pp. 1-16, 2017.
- 2) Tappin, D., Grilli, S., Ward, S., Day, S., Grilli, A., Carey, S., Watt, S., Engwell, S., Muslim, M.: The devastating eruption tsunami of Anak Krakatau - 22nd December 2018, Geophys. Res. Abs., Vol. 21, EGU, 2019.
- 3) 羽鳥徳太郎: 2009 年 10 月 30 日奄美大島北東沖地震津波の波源域と津波規模, 津波工学研究報告, 第 28 号, pp. 1-3, 2011.
- 4) 藤間功司, Yuliadi, D., Briggs, M. J.: 島の津波遡上高に及ぼす非定常性の効果, 津波工学研究報告, 第 13 号, pp. 101-114, 1996.
- 5) 仲座栄三, 津嘉山正光, 田中 聡: リーフ海岸における波・サーフビートに関する研究, 海岸工学論文集, 第 41 巻, pp. 86-90, 1994.
- 6) 沿岸技術研究センター: CADMAS-SURF/3D 数値波動水槽の研究・開発, 沿岸技術ライブラリー, No. 39, 235p., 2010.