

## 浅瀬が存在する島嶼に入射する津波の 3 次元数値解析

柿沼 太郎\*・山口 翔\*\*

### 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<sup>1)</sup>。また、2018 年 12 月には、インドネシアのス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<sup>2)</sup>。これは、島嶼自体が津波の発生源となった事例である。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う巨大津波が、島嶼を襲った例である。

約 500 km にわたって連なる、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<sup>3)</sup>。しかしながら、島嶼に対す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<sup>4)</sup>。更に、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い。

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を対象とし、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。第 1 報<sup>5)</sup>では、入射した津波の島嶼前面及び側方における挙動に着目した。本報告では、島嶼を通過した津波の島嶼背後での挙動や、島嶼を回り込み、津波が入射した方向に伝播する津波にも言及する。

### 2. 数値解析の手法及び条件

数値モデルとして CADMAS-SURF/3D<sup>6)</sup> 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、 $y = 500.0 \text{ m}$  を完全反射境界とし、対象領域の半分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 ~ 図 4 には、平面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、 $100.0 \text{ m}$  である。

他方、図 2 ~ 図 4 は、周辺に浅瀬を有する円柱状の島嶼がある水域を示す。ここで、浅瀬は、図 2 に示す場合には、島嶼の周囲に、また、入射波に対して、図 3 に示す場合には、主として島嶼の前方に、そして、図 4 に示す場合には、主として島嶼の後方に位置する。

水平距離  $\lambda$  は、 $50.0 \text{ m}$ 、または、 $200.0 \text{ m}$  とする。また、図 1 の島嶼外及び図 2 ~ 図 4 の浅瀬外の静水深  $h_0$  は、 $20.0 \text{ m}$  で一様とし、

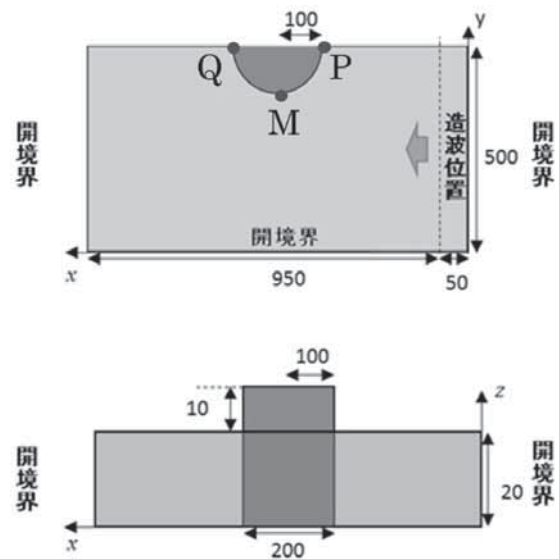


図 1 浅瀬のない島嶼(単位:m)

\*鹿児島大学学術研究院理工学域

\*\*福岡県県土整備部

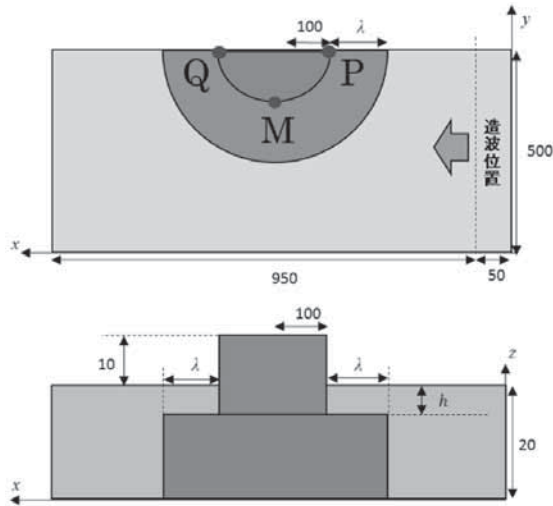


図 2 浅瀬が周囲にある島嶼(単位 : m)

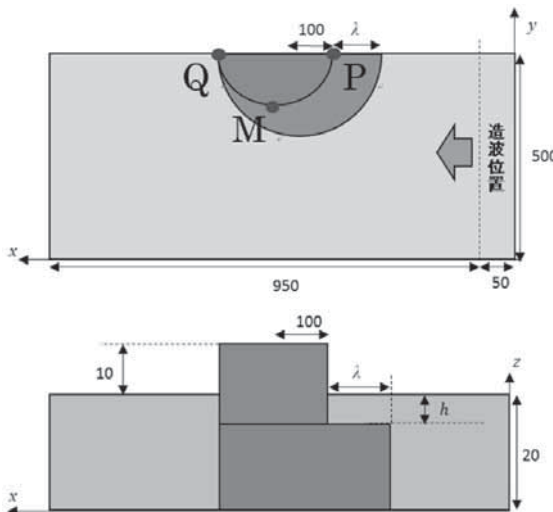


図 3 浅瀬が前方にある島嶼(単位 : m)

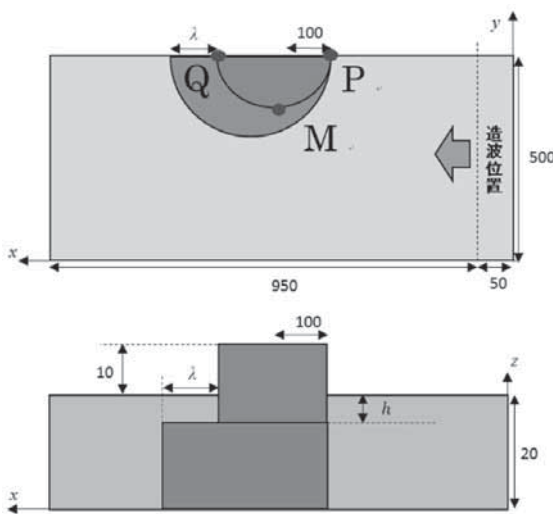


図 4 浅瀬が後方にある島嶼(単位 : m)

表 1 各ケースにおける  $\lambda$  及び  $h$  の値

	1	2	3	4
$\lambda$	50.0 m	50.0 m	200.0 m	200.0 m
$h$	2.0 m	8.0 m	2.0 m	8.0 m

他方、浅瀬上の静水深  $h$  は、2.0 m、または、8.0 m の 2 通りとする。 $\lambda$  及び  $h$  の諸元を表 1 にまとめる。各パターンの呼称例として、図 1 に示す場合を「浅瀬なし」と呼ぶ。一方、図 2 で  $\lambda = 50.0$  m 及び  $h = 2.0$  m とした場合を「周囲 1」とし、図 3 で  $\lambda = 50.0$  m 及び  $h = 8.0$  m とした場合を「前方 2」と呼ぶ。同様に、図 4 で  $\lambda = 200.0$  m 及び  $h = 2.0$  m とした場合を「後方 3」と呼ぶ。

静水位を  $z = 0.0$  m とする。計算格子間隔は、 $\Delta x = \Delta y = 5.0$  m 及び  $\Delta z = 1.0$  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  $x = 50.0$  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。簡単のために、底面摩擦の影響を無視し、島嶼陸域の浸水を考えない。

### 3. 島嶼前方にある浅瀬が津波に与える影響

島嶼前方の浅瀬の影響を検討するため、図 1 と、図 2 及び図 3 の場合を比較する。浅瀬なしと、 $\lambda = 200.0$  m 及び  $h = 2.0$  m である周囲 3 及び前方 3 に対する、島嶼前端の点 P ( $x = 400.0$  m,  $y = 500.0$  m) における水面変動  $\eta$  の数値解析結果を図 5 に示す。また、このうち、前方 3 の場合における水位分布の時間変化を図 6 に示す。

浅瀬が島嶼の前方にある周囲 3 及び前方 3 の場合、浅瀬上で浅水変形が生じるため、浅瀬なしの場合より津波高さが増加している。特に、前方 3 の場合の津波高さは、最も大きく 5.97 m であり、浅瀬なしより 2.63 m 大きい。また、周囲 3 の場合の津波高さは、5.38 m であり、浅瀬なしより 2.04 m 大きい。そして、周囲 3 及び前方 3 の場合、島嶼の左右を通過した津波が、島嶼背後で重合し、その後、島嶼を回り込んだ津波が島嶼前端の点 P

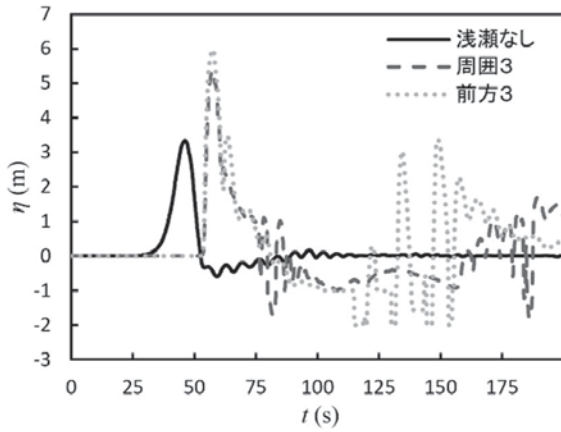


図5 島嶼前端の点Pにおける水面変動 ( $\lambda = 200.0$  m,  $h = 2.0$  m)

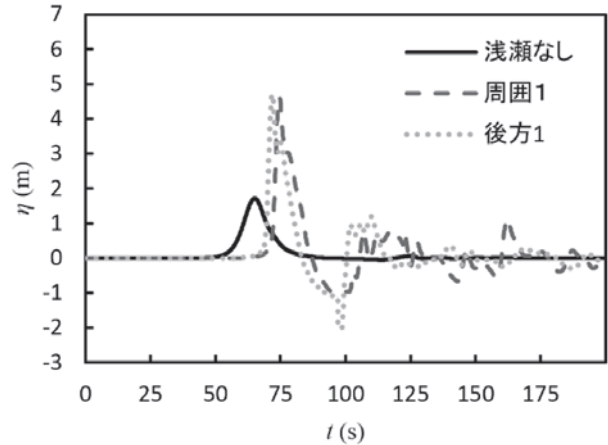


図7 島嶼後端の点Qにおける水面変動 ( $\lambda = 50.0$  m,  $h = 2.0$  m)

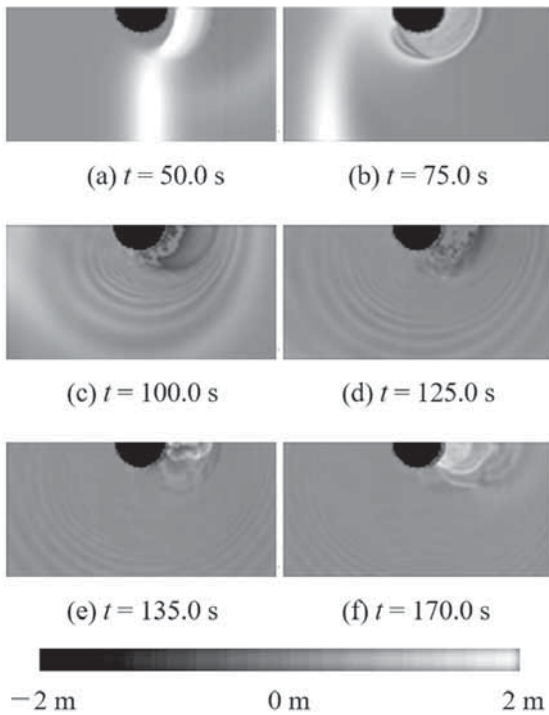


図6 前方3の場合の水位分布の時間変化 ( $\lambda = 200.0$  m,  $h = 2.0$  m)

付近で再び重合した。

#### 4. 島嶼後方にある浅瀬が津波に与える影響

島嶼後方の浅瀬の影響を検討するため、図1と、図2及び図4の場合を比較する。浅瀬なしと、 $\lambda = 50.0$  m及び $h = 2.0$  mとした周囲1及び後方1の場合の、島嶼後端の点Q ( $x = 600.0$  m,  $y = 500.0$  m)における水面変動 $\eta$

の数値解析結果を図7に示す。

浅瀬が後方にある周囲1及び後方1の場合、島嶼の左右を通過した比較的津波高さの大きな津波が島嶼背後で重合することにより、島嶼後端の点Qにおける津波高さが増加している。

#### 5. 島嶼外縁における最大水位

浅瀬なしと、周囲1、前方3及び後方1の場合の、島嶼外縁に沿った最大水位の分布を図8に示す。ここで、横軸の右端を島嶼前端の点P、左端を島嶼後端の点Qとしている。周囲1及び後方1では、最大水位が、島嶼前端よりも島嶼後端で高くなっている。他方、前方3では、島嶼前端において最大水位が最も高いが、島嶼後端では、最大水位が最も低い。このように、最大水位が最高となる地点は、必ずしも島嶼前端に限らず、浅瀬上の水深や位置に依存して変化する。

また、周囲1～4の場合の、島嶼外縁に沿った最大水位の分布を図9に示す。図9において、周囲1の場合のみ、最大水位が、島嶼前端よりも島嶼後端で高くなっている。すなわち、島嶼周辺の浅瀬の幅が狭く、島嶼後方にある浅瀬上の水深が浅い場合に、島嶼背後における最大水位が高くなる。

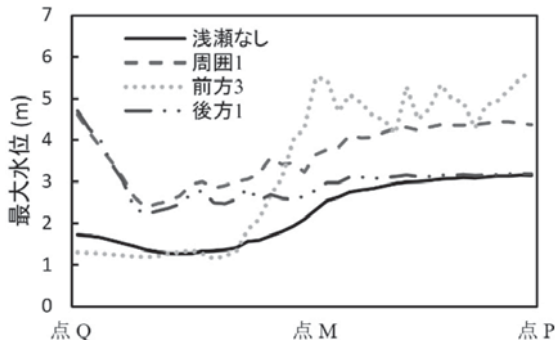


図 8 島嶼外縁に沿った最大水位の分布

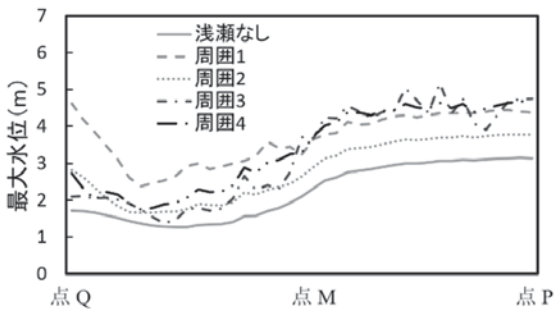


図 9 島嶼外縁に沿った最大水位の分布

## 6. 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。

浅瀬が島嶼の前方にある場合には、浅瀬上で浅水変形が生じるため、浅瀬のない場合より津波高さが大きくなった。そして、島嶼の左右を通過した津波が、島嶼背後で重合し、その後、島嶼を回り込んだ津波が島嶼前端位置付近で再び重合した。

一方、浅瀬が島嶼の後方にある場合には、島嶼の左右を通過した比較的津波高さの大きな津波が島嶼背後で重合し、島嶼後端位置付近で津波高さが大きくなった。しかしながら、

津波が島嶼を回り込んで島嶼前方に向かって進行しても、島嶼前方での津波高さは、島嶼後端位置付近ほど大きくならなかった。

また、島嶼周辺の浅瀬の幅が狭く、島嶼後方にある浅瀬上の水深が浅い場合に、島嶼背後における最大水位が高くなった。

以上のように、浅瀬の位置や幅、そして、浅瀬上の水深によって、島嶼近傍における津波の挙動が変化し、島嶼外縁における最大水位の分布が異なる。

## 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づいて—、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 - 22<sup>nd</sup> 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) 柿沼太郎, 久保達郎：浅瀬を有する島嶼に入射する津波の数値解析、津波工学研究報告、第 36 号、pp. 145-148, 2019.
- 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.