

# 島の配置による津波伝播のシミュレーション

佐宗智子 (指導教員：河村哲也)

## 1 はじめに

2011年の東北地方太平洋沖地震では津波が広い地域を襲い、凄惨な被害が出た。同じ宮城県沿岸地域でも、松島の被害は他の地域に比べて比較的軽微であり、島の多さが関係しているのではないかとされている。

そこで本研究では島と津波伝播の関係に着目し、島の形や配置によって津波の大きさが変化するかどうかを検証する。津波の影響が小さくなる島の条件や配置を発見し、将来的な津波対策に繋げることを目指す。

## 2 モデル化・格子生成

沖合から海岸に向かう方向(X) 海底から上空へ向かう方向(Y) 海岸沿いの方向(Z)の直方体の3次元空間領域を考えた。格子の大きさの比率は  $x : y : z = 2 : 1$ 、格子数は  $200 \times 80 \times 80$  で、無次元計算を行う。水深は27(格子)、陸の高さは48(格子)とする。

計算領域のX軸方向の長さを1とすると、y軸方向の長さは0.4、z軸方向の長さは0.8である。

波が陸上に上がる動きを擬似的に観察するため、密度の違う二つの流体の境界を海面に見立てる。

陸と島の形状を配列 MASK(I,J,K) で表す。

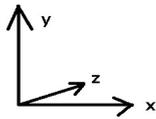


図 1.1



図 1.2

## 3 計算方法

### 3.1 基礎方程式

非圧縮性 Navier-Stokes 方程式 (1)、連続の式 (2)、密度の移流拡散方程式 (3) を使用する。

数値解法にはフラクショナル・ステップ法を用いた。

二流体の密度差は10倍。レイノルズ数200、ステップ数12000で計算を行った。

$$\frac{\partial V}{\partial t} + (V \cdot \nabla)V = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \frac{1}{Re} \Delta V - gj \quad (1)$$

$$\nabla \cdot V = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + u \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \frac{\partial \rho}{\partial y} + w \frac{\partial \rho}{\partial z} = A \Delta \rho \quad (3)$$

V : 無次元速度ベクトル  $p$  : 無次元圧力  
 $t$  : 時間  $\rho$  : 密度変数  
 $Re$  : レイノルズ数  $g$  : 無次元重力加速度

### 3.2 波の表現

津波には「振幅に比べて波長が極端に長い」という長波の特徴があるため、横波として扱い、海の右側から押し出すような速度を加える。



図 2.1 : 1000 ステップ後 図 2.2 : 3500 ステップ後 図 2.3 : 5600 ステップ後

## 4 比較方法

波が陸に到達したときの最大高度を比較する。海岸線をz方向に8つに分割し、それぞれA~G地点と名付ける。

$A=(166,y,10), B=(166,y,20), C=(166,y,30), D=(166,y,40), E=(166,y,50), F=(166,y,60), G(166,y,70)$ 。

高さの最大値は80(格子)、海面は27(格子)、陸の高さは48(格子)である。

計算領域のX軸方向の長さを1とすると、A地点からX軸方向の陸の端までの距離は0.17、海底から地上までの高さは0.135、A地点とB地点の距離は0.1である。

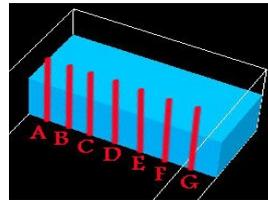


図 3 : 観測点 A~G

## 5 計算結果

### 5.1 島の有無による影響差

図4は島がない場合、図5は  $28 \times 27 \times 60$  (格子) の大きさの島を  $x=28$  地点から設置した場合である。

	A	B	C	D	E	F	G
図 4	70	70	70	70	70	70	70
図 5	69	67	67	67	67	69	72

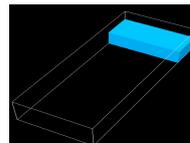


図 4 : 島なし

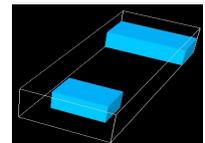


図 5 : 島あり

### 5.2 島の位置による影響差

図6・図7は  $3 \times 27 \times 48$  (格子) の大きさの島を、それぞれ図6は  $x=28$  から、図7は  $x=114$  から設置した

場合である。

	A	B	C	D	E	F	G
図 6	67	67	67	67	67	67	68
図 7	70	66	64	64	64	65	69

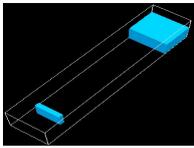


図 6 : 島が遠い

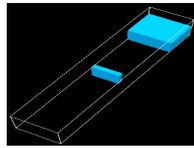


図 7 : 島が近い

### 5.3 島の厚みによる影響差

図 8 は  $14 \times 27 \times 48$ (格子) の島, 図 9 は  $7 \times 27 \times 48$ (格子) の島, 図 10 は  $3 \times 27 \times 48$ (格子) の島をそれぞれ  $x=28$  から置いた場合である。

	A	B	C	D	E	F	G
図 8	69	68	67	67	68	69	70
図 9	68	67	67	67	67	68	69
図 10	67	67	67	67	67	67	68

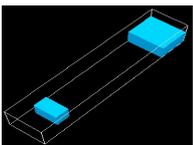


図 8 : 島の厚み

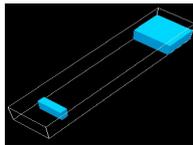


図 9 : 島の厚み

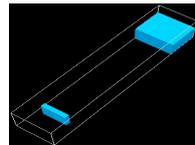


図 10 : 島の厚み

1 倍

1/2 倍

1/4 倍

### 5.4 島を縦に複数並べた場合の影響差

5.3 と同じ大きさの島を, 図 11 は 2 つ, 図 12 は 3 つ設置した場合である。

	A	B	C	D	E	F	G
図 11	67	63	62	62	62	64	67
図 12	64	61	60	60	60	62	67

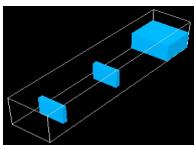


図 11 : 島 2 つ

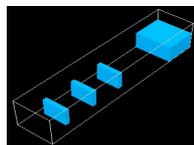


図 12 : 島 3 つ

### 5.5 島の幅による影響差

図 13 は  $3 \times 27 \times 48$ (格子) の島, 図 14 は  $3 \times 27 \times 16$ (格子) の島, 図 15 は  $3 \times 27 \times 5$ (格子) の島を配置した場合である。

	A	B	C	D	E	F	G
図 13	67	67	67	67	67	67	68
図 14	69	69	69	68	68	69	69
図 15	70	69	69	69	69	69	70

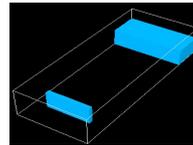


図 13 : 島の幅 1 倍

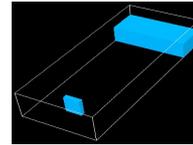


図 14 : 島の幅 1/3 倍

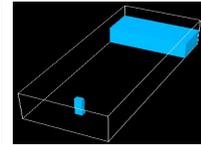


図 15 : 島の幅 1/9 倍

### 5.6 島を横に複数並べた場合の影響差

図 9 と同じ大きさの島を, 図 16 は 1 つ, 図 17 は 1 つ分の間を空けて 2 つ設置した場合である。図 18 は 3 つ繋げた状態である。

	A	B	C	D	E	F	G
図 16	69	69	69	68	68	69	69
図 17	68	67	67	67	67	67	68
図 18	67	67	67	67	67	67	68

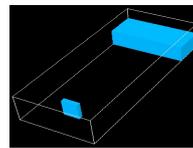


図 16 : □■□

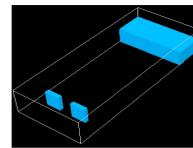


図 17 : ■□■

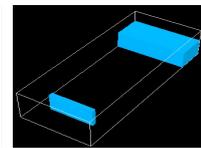


図 18 : ■■■■

## 6 考察

5.1 より, 島の存在によって津波の到達高度が変化し, 島がある場合のほうが島がない場合よりも津波の到達高度が低いという結果が出た。

5.2 より, 島と海岸の距離が遠いほど到達高度への影響が広域に渡り, 島と海岸の距離が近いほど到達高度への影響範囲は局所的になるという結果が出た。また, 前者より後者のほうが島の中央に対応する箇所の津波到達高度は低くなることという結果が出た。

5.3 より, 島の厚みが薄いほど到達高度への影響が大きいという結果が出た。これにより人工的に薄い島(防波堤)を設置することにより津波対策の効果が期待できる。

5.4 より, 島を  $x$  方向に重ねて設置することで対策効果が増すことが確認できた。

5.5 より, 幅が狭くなるほど到達高度への影響は少ないことという結果が出た。また, 島の幅を小さくすることによって変化するのは影響範囲ではなく影響の強さだという結果が出た。

5.6 より, 島を  $z$  方向に並べることによって対策効果を補強できることがわかった。特に図 17 と図 18 の結果が近いことから, 島と島の間隔が空いていても一定値までは島同士が繋がっていると変わらない対策効果が期待できると推定される。

## 7 まとめと今後の課題

今後の課題としては, 実際の環境により近い比率や形の空間を計算領域とすること, 空気と水の密度差をより現実近づけることなどを考えていきたい。