

### 3次元解析との比較による2次元解析の建物のモデル化に関する検討 ～大分県佐伯市を対象とした数値実験～

|               |       |                  |
|---------------|-------|------------------|
| 大分工業高等専門学校    | 学生会員  | ○仲 矢 直 樹         |
| 大分工業高等専門学校    | 正 会 員 | 名 木 野 晴 暢        |
| 九 州 大 学 大 学 院 | 正 会 員 | 浅 井 光 輝          |
| 九 州 大 学 大 学 院 | 学生会員  | 宮 川 欣 也, 江 口 史 門 |

#### 1. まえがき

東北地方太平洋沖地震による津波を踏まえ、沿岸地域の防災・減災対策は重要な課題である。防災はハードウェアによる防災とソフトウェアによる防災に大別されるが、沿岸地域の安全性を確保するためには、両者をバランスよく組み合わせて行くことが不可欠であろう。よって、現状よりも効率的かつ効果的な地震・津波の防災教育の実施は必要不可欠であり、津波遡上現象を精度良く予測することが重要になる。

非圧縮性流体の Navier-Stokes 方程式を3次元問題として解けば、最も信頼性の高い津波遡上現象を予測できると考えられるが、現状、高精度かつ高分解能な数値実験の実施には特別な計算機が必要になる。他方、鉛直方向に平均流速と静水圧を仮定する浅水長波方程式は、2次元問題として取り扱えるという大きな利点がある。ここで、数値実験モデルにおける建物の影響は、土地利用に応じて粗度係数を決定する方法<sup>1)</sup>や地形隆起と粗度係数を組み合わせる方法<sup>2)</sup>などによって考慮されているが、実用的にはできるだけ簡易的に数値実験モデルを構築できることが望ましいと考える。

本研究では建物を剛体でモデル化した Navier-Stokes 方程式に基づく3次元粒子法解析(以下、3次元解析)の結果を参照解とし、浅水長波方程式に基づく2次元差分法解析(以下、2次元解析)における建物のモデル化方法について考察した。なお、本研究では南海トラフ巨大地震時に10mを超える津波の来襲が予測されている大分県佐伯市<sup>3)</sup>を対象として数値実験を行った。

#### 2. 数値実験モデル

数値実験の対象領域を図-1に示す。図-1の赤線は流入境界を意味する。数値実験モデルの作成には、国土地理院の基盤地図情報5mメッシュの数値標高モデル(DEM)データを使用し、建物のデータには国土地理院のSHPデータを用いた。3次元解析にはSPH法の中で

も圧力を陰的に、速度を陽的に評価するという特徴を有する非圧縮性流体に適した安定化 ISPH 法<sup>4)</sup>を用い、粒子間隔は2mとした。2次元解析にはFORUM8社のXPSWMM2013を用い、計算空間格子は10mに設定した。なお、この際、以下に示す3ケースとして粗度係数 $n$ を与えることにした。

- (a) 一律粗度モデル：粗度係数 $n(=0.025)$ に固定
  - (b) 相当粗度モデル<sup>1)</sup>：建物の有無で粗度係数を変化
  - (c) 合成等価粗度モデル<sup>5)</sup>：家屋占有率で粗度を変化
- なお、(a)で設定した粗度係数 $n$ は、文献1)で与えられた建物のない領域の粗度係数 $n(=0.025)$ に設定しており、(b)と(c)においても建物のない領域の粗度係数として設定した<sup>1)</sup>。(c)合成等価粗度モデルの場合では、(b)と同様の閉領域(地区)ごとに、異なる粗度係数 $n$ を次式<sup>5)</sup>にて与えることにした。

$$n = \sqrt{n_0^2 + \frac{C_D}{2gk} \times \frac{\theta}{100 - \theta} \times D^{4/3}} \quad (1)$$

ここで、 $n_0(=0.025)$ は底面粗度、 $C_D(=3.3)$ は抵抗係数であり、 $k$ は家屋幅で領域内の平均的な値として10mに設定した。また、家屋占有率 $\theta$ は15%に設定し、水



図-1 数値実験の対象領域（大分県佐伯市蒲江）

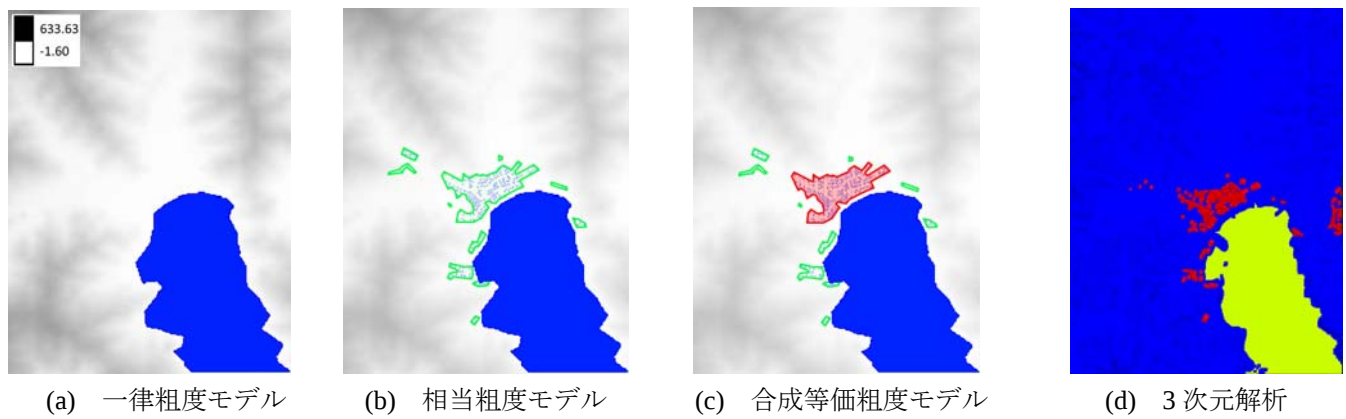


図-2 数値実験モデル

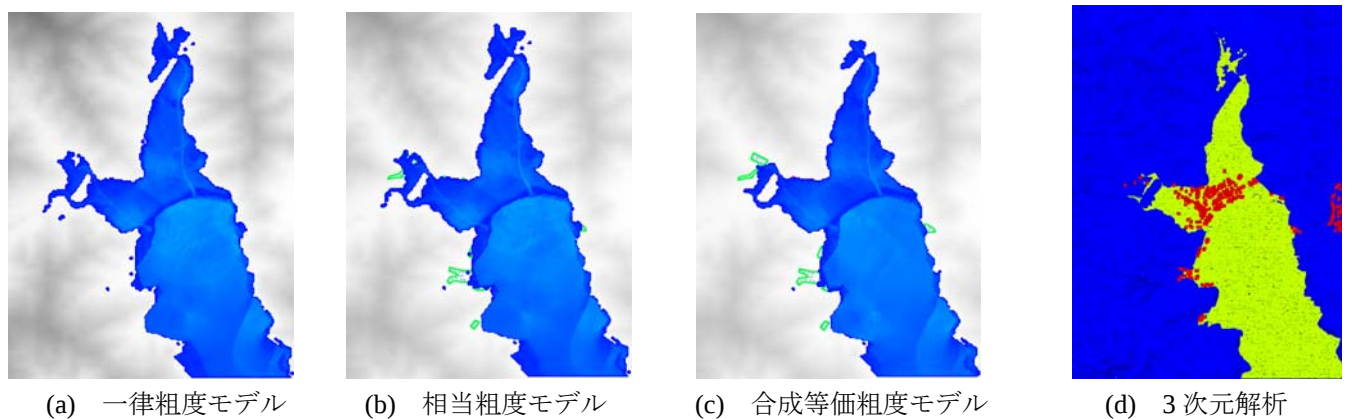


図-3 数値実験結果（最終ステップでの遡上域）

深  $D$  に対応する粗度係数を与えるように設定した。(c) のモデルの場合、本来であれば地区ごとに異なる値を設定すべきであるが、解析ソフトの制約により多数の粗度係数を設定できなかったため、図-2(c)の赤線領域の家屋占有率を用いて式(1)より求めた粗度係数を評価し、その他の建物の領域は(b)の場合と同様に  $n(=0.06)$  とした。

解析時間は 250 秒、時間増分は 0.005 秒とし、流入境界から高さ  $12 \text{ m}^3$  の津波を 60 秒間与えた。なお、2次元解析には汎用計算機を用い、3次元解析には理化学研究所の京を用いた。

### 3. 数値実験結果および考察

図-3 の(a), (b), (c)にそれぞれ 2次元解析の一律粗度モデル、相当粗度モデル、合成等価粗度モデルを、(d)に3次元解析の最終ステップでの遡上域の様子を示す。(a) 一律粗度モデルと(b) 相当粗度モデルの遡上域に大きな差は見られないが、高精度地形モデルかつ高分解能の3次元解析結果を参照解として比較してみると、遡上域は広範囲におよんでいる。他方、(c) 合成

等価粗度モデルでは、3次元解析の遡上域と近い結果が得られていることを確認した。

### 4. まとめ

本論文では、3次元解析結果を参照解として、2次元解析の結果を比較検討した。従来の知見と同様に、粗度係数により遡上域、到達時間が異なることを確認したうえで、油屋らの家屋占有率に伴い粗度係数を与えるモデル<sup>5)</sup>を用いれば、3次元解析と同等の遡上域を予測できることを確認した。

### 参考文献

- 1) 小谷ら：第 45 巻, pp356-360, 海岸工学論文集, 1998.
- 2) 今井ら：第 69 巻, pp311-315, 土木学会論文集, 2013.
- 3) 大分県：大分県津波予測調査結果（確定値）について, [http://www.pref.oita.jp/uploaded/life/287381\\_350085\\_misc.pdf](http://www.pref.oita.jp/uploaded/life/287381_350085_misc.pdf) (2015 年 5 月 10 日 参照).
- 4) Asai et al.: Journal of Applied Mathematics, Article ID 139583, 2012.
- 5) 油屋ら：第 49 巻, pp276-280, 海岸工学論文集, 2002.