

## 津波遡上解析における建物形状モデル化の影響調査 ～高知県高知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	江 口 史 門

### 1. まえがき

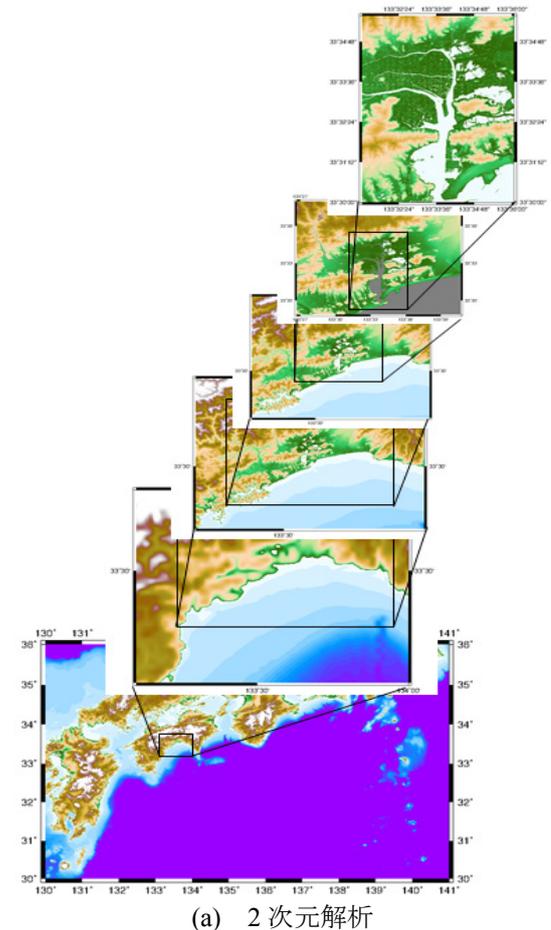
東北地方太平洋沖地震による津波を踏まえ、沿岸地域の防災・減災対策は重要な課題である。防災はハードウェアによる防災とソフトウェアによる防災に大別されるが、沿岸地域の安全性を確保するためには、両者をバランスよく組み合わせていくことが不可欠であろう。また、それには、現状よりも効率的かつ効果的な地震・津波の防災教育の実施は必要不可欠であり、津波遡上現象を精度良く予測することが重要になる。

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予測が可能になると考えられるが、現状、高精度かつ高分解能な数値実験の実施には、京などの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。そのため、実用的な視点から考えると、特別な計算機を必要とせずに数値実験を実施することが可能な 2 次元問題として扱うことで、3 次元問題とした場合と同等な解を得ることが望ましい。

そこで本研究では、建物を剛体としてモデル化した 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）の予測精度について検討した。なお、数値実験の対象領域は、南海トラフ地震時に甚大な被害が予想されている高知県とした<sup>1)</sup>。

### 2. 数値実験モデル

2 次元解析には、津波シミュレーションコード (JAGURS) を用いた。JAGURS は、Navier-Stokes 方程式を長波として近似した式を有限差分法により解くことで、津波の波源からの伝搬、陸地や河川への遡上を計算することができる<sup>2)</sup>。数値実験モデルを図-1 の(a)に示す。本研究では、計算コストを削減するため、対象としている高知県高知市周辺のみ解像度を上げるよう、ネスティングを行った。本研究では、6 つの領域を設定しており、解像度はそれぞれ、18 s, 6 s, 2 s, 2/3



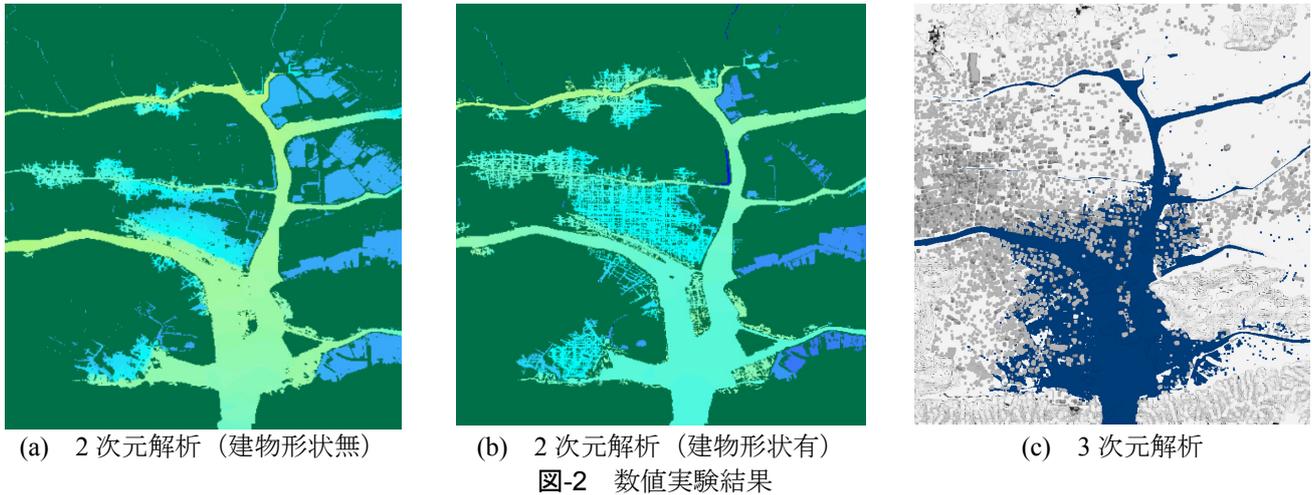
(a) 2次元解析



(b) 3次元解析

図-1 数値実験モデル

s, 2/9 s, 2/27 s としている。18s, 6 s の数値実験モデルの作成には、陸地・海底地形データセット ETOPO1 を用いた。2 s, 2/3 s は国土地理院の基盤地図情報 10 m メッシュの数値標高モデルデータ (DEM データ), 2/9



s,  $2/27$  sは5 mメッシュのDEMデータから陸域のデータを作成し、海域の数値実験モデルの作成には、日本水路協会の海底地形データ M7000 シリーズを用いた。その後、それぞれの地形データを重ねて数値実験モデルを作成した。なお、建物形状の入力には国土地理院のSHPファイル(建築物の輪郭を外形線として定義したファイル)を用いた。

また、2次元解析における建物形状の有無の影響について検討するため、建物形状は与えずに領域全体に一定の粗度係数( $n=0.05$ )を与える数値実験モデルの作成も行った。津波の初期水位には、内閣府想定モデルのケース4(四国沖に大すべり域+超大すべり域を設定)<sup>3)</sup>より、Okada (1992)<sup>4)</sup>のプログラムを用いて算出した初期水位を用い、時間間隔は0.05秒とした。

3次元解析の数値実験モデルを図-1の(b)に示す。3次元解析には、安定化ISPH法<sup>5)</sup>を用い、粒子間隔は上記2次元解析の最終解像度である2 mとして設定し、また時間増分は0.005秒とした。なお流入条件は、2次元解析において計測した流速、波高の平均値より算出した流量を与えた。

### 3. 数値実験結果および考察

図-2の(a), (b), (c)に2次元および3次元解析の数値実験結果を示す。(a)の建物形状を与えていない場合と、(b)の建物形状を与えている場合の2次元解析の結果を比較すると、建物形状を与えずに一定の粗度係数のみを与えている(a)のモデルの方がやや浸水域が狭くなっていることが確認できる。また、(a), (b)の結果を(c)の3次元解析結果と比較すると、同時刻では、(b), (c)の浸水域は近い傾向を示しているが、(a)では、浸水域が狭くなっている。しかし、(a)のモデルにおいても時間が経過するにつれ、(b), (c)と近い傾向を示し最終遡上域については類似した傾向となった。以上のこと

より、(a)の一定の粗度係数を与えるモデルでは、最終的な浸水域の予測においては問題ないが、津波到達時間等の詳細な議論には問題が生じる可能性があるものとする。しかしながら、また、参照解とした3次元解析が2 m間隔の粒子を用いた粒子法による解析であり、さらに高解像度な3次元解析結果との比較検討が必要である。

### 4. まとめ

本論文では、3次元解析結果を参照解として、建物形状を与える場合と与えない場合の2次元解析の結果について比較検討した。浸水域のみの評価であれば建物形状を与えずに一定の粗度係数を与える方法でも問題はないと予想するものの、到達時間や建物間の津波の遡上などを再現するためには、建物形状を与えた解析を実施することが望ましいものと考えている。今後、参照解の解像度をさらに上げることで継続した議論を行う予定である。

### 参考文献

- 1) 高知県：高知県沿岸における津波浸水想定説明資料, [https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/shaseishin/kasenbunkakai/bunkakai/dai49kai/dai49kai\\_siryou2-5.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/bunkakai/dai49kai/dai49kai_siryou2-5.pdf) (2017年1月5日参照)。
- 2) 今任ら：ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム論文集, pp.1-8, 2016。
- 3) 内閣府：南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告), [http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829\\_2nd\\_report01.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829_2nd_report01.pdf) (2017年1月5日参照)。
- 4) Okada : *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.82, No.2, pp.1018-1040, 1992。
- 5) Asai et al : *International Journal for Applied Mathematics*, Vol.2012, Article ID 139583, 24pages, 2012。