

2次元差分法と3次元粒子法による津波遡上解析の比較とその特徴 ～高知県高知市を対象とした数値実験～

九州大学大学院	学生会員	○仲矢直樹
九州大学大学院	正会員	浅井光輝
徳島大学	正会員	馬場俊孝

1. まえがき

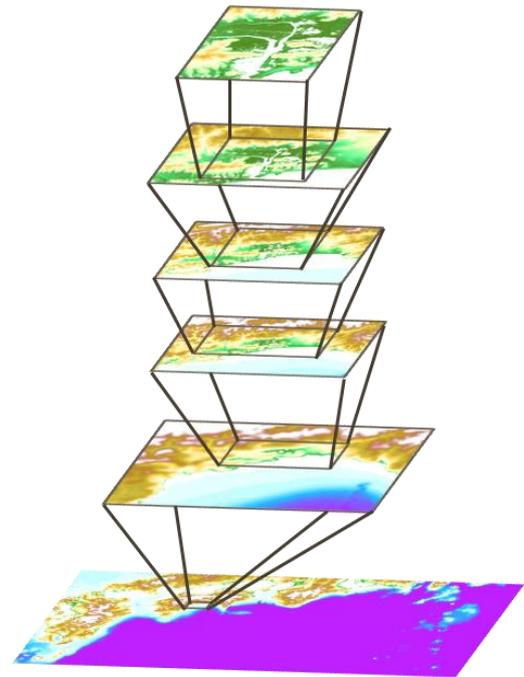
マグニチュード 9.0 という我が国観測史上最大の巨大地震、大津波の発生により東北地方の沿岸部を中心に、甚大かつ広域的な被害をもたらした。最大クラスを想定した災害への備えが不十分であったことが指摘されており、大規模地震の被害想定、対策の見直し、はじめて「減災」の考え方を防災の基本理念として位置付け、想定し得る最大規模の洪水等への対策以下の措置が講じられた¹⁾。

津波による沿岸地域への安全性・危険性を面として把握するには、津波による浸水域を想定することが必要不可欠であり、津波防災地域づくりにおける津波浸水想定設定においても、その活用に鑑み、津波による浸水が的確に推計できる手法が必要である。

以上を踏まえると、波源域で発生した津波が海域を伝搬し、沿岸に到達して陸域に遡上する一連の挙動を数値計算によって知ることができる津波浸水シミュレーションは、津波浸水想定として定める浸水の区域や水深を求めるにあたって、有効な手法であるといえる。

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、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。防災計画には津波の浸水域だけでなく、到達時間までを精緻に予測することが求められるが、2次元問題として扱う場合には、粗度係数の設定方法や、初期水位の与え方など検討の余地が残されている。

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て、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)と比較し、両者の特徴を整理することにした。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²⁾。



(a) 2次元解析



(b) 3次元解析

図-1 数値実験モデル

2. 数値実験モデル

2次元解析には、並列化やネスティングにより大幅に計算負荷を軽くすることに成功した高性能津波計算コード「JAGURS」を用いた³⁾。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,

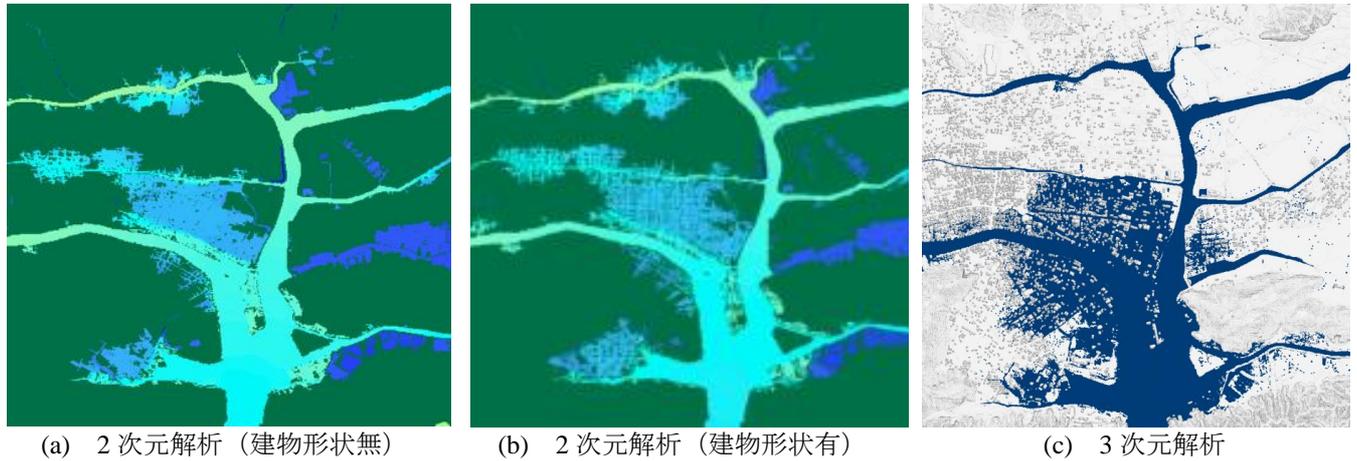


図-2 数値実験結果

2/3 s, 2/9 s, 2/27 s としている。18s, 6s 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 ($n=0.08$) 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)⁴⁾より、Okada (1992)⁵⁾のプログラムを用いて算出した初期水位を用いている。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⁶⁾を陽解法化した EISPH 法を用い、粒子間隔は 2 m として設定し、また時間増分は 0.05 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、ほぼ同等の結果となることが確認でき、3次元解析結果と比較しても類似した傾向を示していることが確認できる。しかし、2次元解析において、細かい地点ごとの到達時間や浸水深を比較すると差が生じていることを確認した。以上より、(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考えられる。

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、防災教育への活用などを念頭において到達時間や建物間の津波の遡上など精緻な検討をするためには、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られる。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局海岸室 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室: 浸水設定の手引き (平成 24 年 10 月 ver2.00) .
- 2) 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 (2017 年 1 月 5 日参照) .
- 3) Toshitaka Baba et al: *Pure and Applied Geophysics*, 172, pp.3455-3472, 2015.
- 4) 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 (2017 年 1 月 5 日参照) .
- 5) Okada: *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.82, No.2, pp.1018-1040, 1992.
- 6) Asai et al: *International Journal for Applied Mathematics*, Vol.2012, Article ID 139583, 24pages, 2012.