

高松の市街地における津波の遡上シミュレーション

香川大学 学生会員 ○久保菜, フェロー 吉田秀典

1. はじめに

近年、南海トラフにおいて、東海・東南海・南海の全エリアがそれぞれ連動して地震が同時に発生する可能性があり、被害の範囲・規模共に非常に大きくなることが予想される。高松の中心部は沿岸近くに位置するため、複数の道路が津波によって浸水することで、避難行動に大きな影響を与える。浸水深が浅い場合でも津波の流速が大きければ震源となる太平洋に面していない高松であっても非常に危険なエリアとなり、避難が困難となるため、安全に避難するためには、津波の浸水深や流速はどの程度なのかを把握する必要がある。以上を踏まえて、本研究では、3次元流体力学ツールである OpenFOAM を用いて、津波の遡上解析を行い、時間ごとの津波の遡上範囲や浸水深、流速等の把握を行った。

2. 解析手法

2.1. OpenFOAM

OpenFOAM は、圧縮・非圧縮、乱流、混相流等のさまざまな流体解析や、離散化処理、そしてメッシュ作成等が可能な 3 次元流体力学解析ツールである。離散化手法は有限体積法を中心としているため、収束性が良く、計算時間が短縮できる。また、OpenFOAM には複数の標準ソルバーが備わっており、本研究では、津波の遡上解析には混相流解析ソルバーである interFoam を使用し、また、メッシュ作成には OpenFOAM の標準ユーティリティである blockMesh を使用する。

2.2. 混相流解析ソルバー (interFoam)

interFoam は、気液 2 相流体について、界面捕獲法を用いた自由表面流解析を行う。本ソルバーは VOF 法を採用している 2 相流ソルバーであり、非圧縮・非定常・等温の流体を対象としている。VOF 法とは、解析領域の各要素に占める流体の体積率を α 値 ($0 \leq \alpha \leq 1$) として定義することで相を区別し、輸送方程式を解くことにより、界面位置を求める手法である。VOF 法は、要素を再生成する必要がないため、プログラムが複雑にならず、界面が大きく変動しても計算を安定して解くことができる。

3. 津波解析概要と結果

3.1. 解析エリア

本研究では、各エリアの標高を正確に再現するために、国土院が公開している 5m 間隔の数値標高モデルを使用して解析を行う。解析範囲としては、高松市北部に位置する国道 30 号及び国道 11 号をエリア 1、春日川と詰田川に挟まれた木太町北部をエリア 2 として、それぞれ海岸から陸側 (南側) に 140m の区間の解析結果を次項に述べる。また、両エリアの標高を図 - 1 に示す。

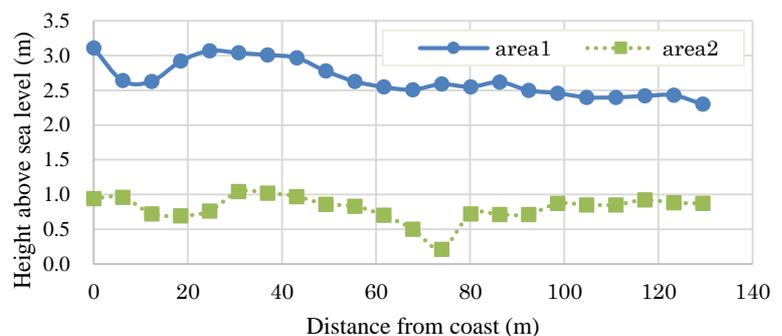


図-1 標高分布 (x=0~140m 区間)

3.2. 解析条件

本研究では、津波を図 - 2 のように水柱として設定している。水柱を設定するにあたって、海岸を $x=0\text{m}$ とした場合、 $x=0\text{m}$ 地点より手前 (海側) に 20m 分の空間を作成し、この空間に水柱を設定して解析を行う。水柱の高さについては、両エリアに押し寄せる津波高さが T.P. 6m と T.P. 8m である 2 つのパターンを検討するため、両エリアの標高に合わせて設定する。エリア 1 は海岸の標高が約 3m であるため、津波高さが T.P. 6m の場合は水柱高さを $H=3\text{m}$ 、T.P. 8m の場合は $H=5\text{m}$ として設定する。一方、エリア 2 は海岸の標高が約 1m であるため、こちらは、津波高さが T.P. 6m の場合は水柱高さを $H=5\text{m}$ 、T.P. 8m の場合は $H=7\text{m}$ として設定し、計 4 つの津波遡上解析を行う。

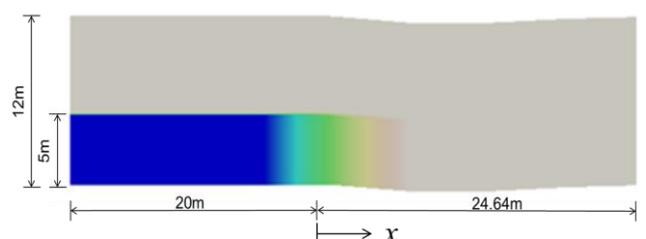


図-2 水柱設定箇所 (エリア 1 水柱高さ $H=5\text{m}$)

3.3. 解析結果

異なる2つのエリアに同じ高さの水柱 ($H=5\text{m}$) を設けた場合の解析結果を比較するために、 $T=1000\text{s}$ 時点の遡上状況について、エリア1は図-3、エリア2は図-4に示す。このとき、 $x=100\text{m}$ における浸水深をエリア1は図-5、エリア2は図-6に示す。エリア1とエリア2に同じ水柱高さ $H=5\text{m}$ を設定した場合、同じ水量であるため、図-7の通り、 $T=400\text{s}$ までは遡上範囲の伸び方に大きな違いがない。しかしながら、それ以降はエリア1の遡上範囲がエリア2の遡上範囲を上回り、 $T=1000\text{s}$ においてはエリア1の方がエリア2よりも遡上範囲が10m以上大きくなり、 $x=100\text{m}$ における浸水深もエリア1は0.4m、エリア2は0.2mと、エリア1の方が0.2m高くなっていることがわかる。これは両エリアの地形が大きく影響していると考えられる。エリア1は海岸から南側に向かって緩やかに低くなっている地形であるのに対し、エリア2は一部低くなっているところを除くと全体的に標高が1m弱の地形である。したがって、同じ高さの水柱を設けた場合、エリア1はエリア2よりも遡上範囲が伸びる。一方、エリア1はエリア2よりも標高が高いことから浸水深は浅くなるものの、南に進むにつれて標高が低くなるため、流速は大きくなる。つまり、エリア1は、浸水深が浅くても流速が速くなると、危険なエリアとなる可能性がある。エリア2では一部地形に凹凸があるものの、南に進むにつれて標高が大きく変化しないため、流速はエリア1ほど速くない。しかしながら、標高が総じて低いため、同じ高さの津波が両エリアに到達した場合、エリア1よりも浸水深は深くなる。

4. まとめ

本研究では、水柱の大きさだけでなく、地形の特徴によって、遡上範囲や流速に大きな影響をおよぼすことが判明した。地形を反映させた津波解析を行うことで、それぞれのエリアに津波が押し寄せた場合に、陸地に到達してからどれくらいの時間でどこまで遡上するか判断することができる。しかし、解析範囲が南北方向の側線のみであるため、東西に流れ出す津波の影響について考慮できていない。したがって、解析範囲の拡大や、構造物の設定等を行う必要がある。また、高松市は、ため池が多く存在しており、これらが巨大地震によって決壊すると、局所的にはあるが、甚大な被害も考えられよう。そのため、本研究での成果を生かし、ため池の決壊に関する解析を行い、得られた結果を避難行動シミュレーションに反映することが望まれる。

5. 参考文献

- 1) 本橋英樹・野中哲也・中村真貴・原田隆典・坂本佳子：広域3次元津波シミュレーションにおける造波境界の設定方法，土木学会論文集B2，Vol.70，No.2，pp.181-pp.185，2014
- 2) 川崎浩司・松浦翔・坂谷太基：名古屋港周辺を対象とした南海トラフ巨大地震に関する平面2次元3次元津波解析，土木学会論文集B2，Vol.70，No.2，pp.391-pp.395，2014

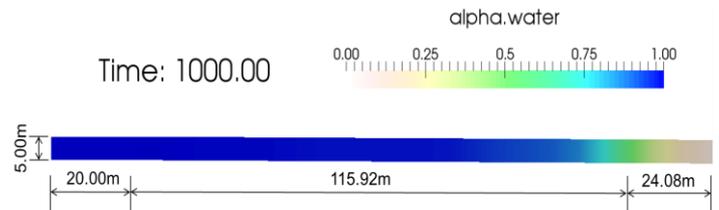


図-3 津波の遡上状況 (エリア1 平面図 $H=5\text{m}$ $T=1000\text{s}$)

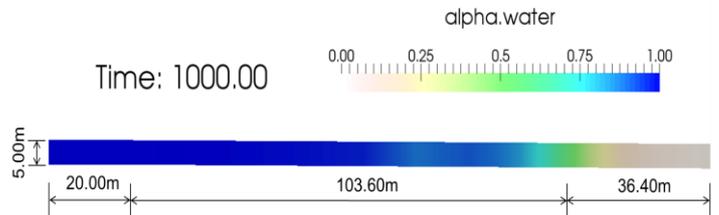


図-4 津波の遡上状況 (エリア2 平面図 $H=5\text{m}$ $T=1000\text{s}$)

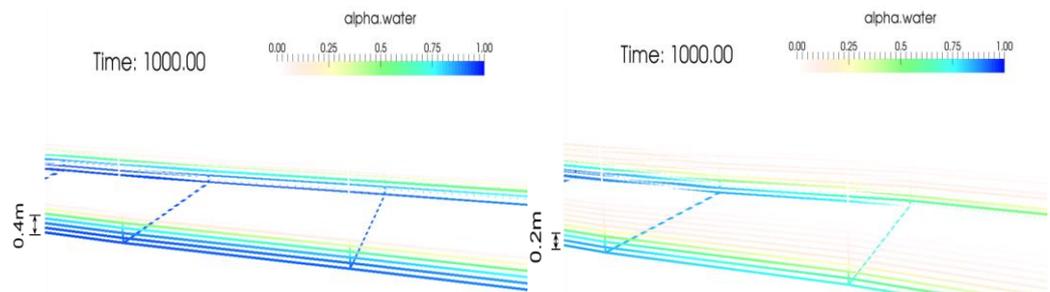


図-5 $x=100\text{m}$ 地点における浸水深
(エリア1 T.P. 8m $H=5\text{m}$ $T=1000\text{s}$)

図-6 $x=100\text{m}$ 地点における浸水深
(エリア2 T.P. 6m $H=5\text{m}$ $T=1000\text{s}$)

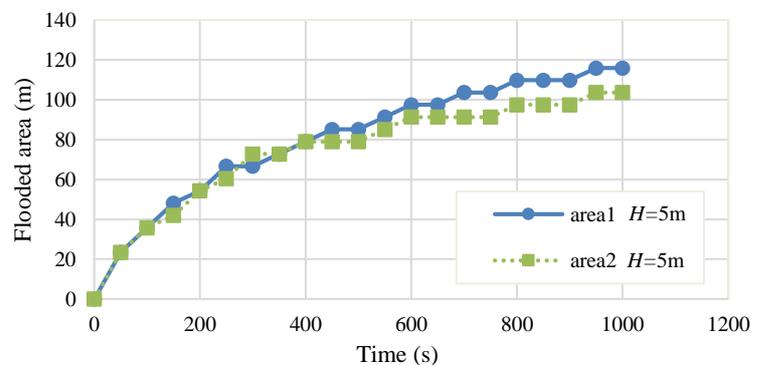


図-7 遡上範囲-時間関係