

2011年東北津波・気仙沼湾での屋外タンク漂流の再現シミュレーション

防衛大学校 学生会員 ○ギーラパット・カンソムポット
防衛大学校 正会員 嶋原良典

1. 背景と目的

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震は巨大な津波を発生させ、太平洋海に面している気仙沼市では津波そのものによる被害以外にも屋外タンク等が漂流することで、大規模な海面火災が発生し市街地の被害が拡大した。今後、発生が懸念されている南海トラフ巨大地震等の津波でも同様な被害が生じる可能性が考えられ、津波防災や減災対策には漂流物の影響を考慮したハザード評価が非常に重要である。そこで本研究では、石油タンクの漂流移動モデルを開発し、2011年東北津波・気仙沼湾の再現シミュレーションに適用することで、津波漂流物のハザード予測への応用に関する検討を行った。

2. 計算条件

(1) 対象地域と津波計算条件

本研究の対象地域は宮城県気仙沼湾とした。同市街地では当時、水産加工場周辺に設置された屋外タンクが津波により漂流し、施設や建物へ衝突するなど直接影響しただけでなく、タンクから流出した重油などが発火したことで大規模な火災が発生するなど複合的な被害をもたらした。津波計算には非線形長波理論式を用い、Staggered Leap-frog法により計算を行った。計算は空間格子を1次領域から6次領域($\Delta x=1215\text{m}\sim 5\text{m}$)まで領域接続を行い、1~3次領域は線形長波理論、4~6次領域は非線形長波理論とした。CFL条件から時間ステップ $\Delta t=0.05(\text{s})$ と設定して、実時間4時間分を再現した。津波波源モデルはFujii et al. (2011)のモデルを採用した。地形データの違いによる漂流の再現性を明らかにするため、5m格子領域ではDEM(地盤高のみ)、DSM津波前(構造物が全て残っている状態)、DSM津波後(木造家屋等が流失した状態)の3種類を設定し、計算に用いた。

(2) 漂流物(屋外タンク)の計算条件

津波が物体に作用することで漂流移動が生じるので、屋外タンクの運動方程式を解くことになる。運動方程

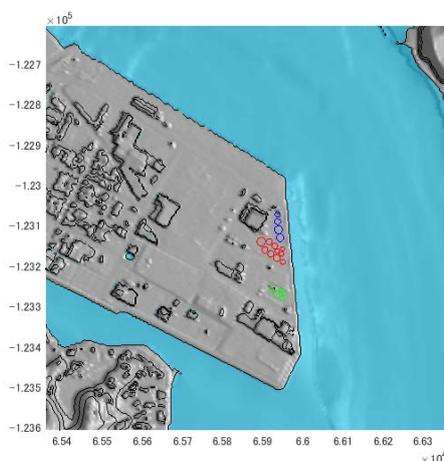


図-1 タンクの初期配置

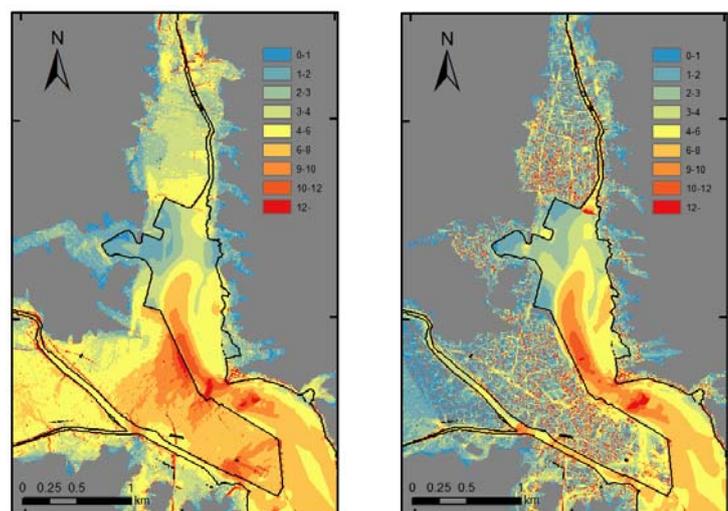


図-2 最大流速分布(左:DEM, 右:DSM津波後)

キーワード 津波, 屋外タンク, 漂流, 数値シミュレーション

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL. 046-841-3810 E-mail: s629022@nda.ac.jp

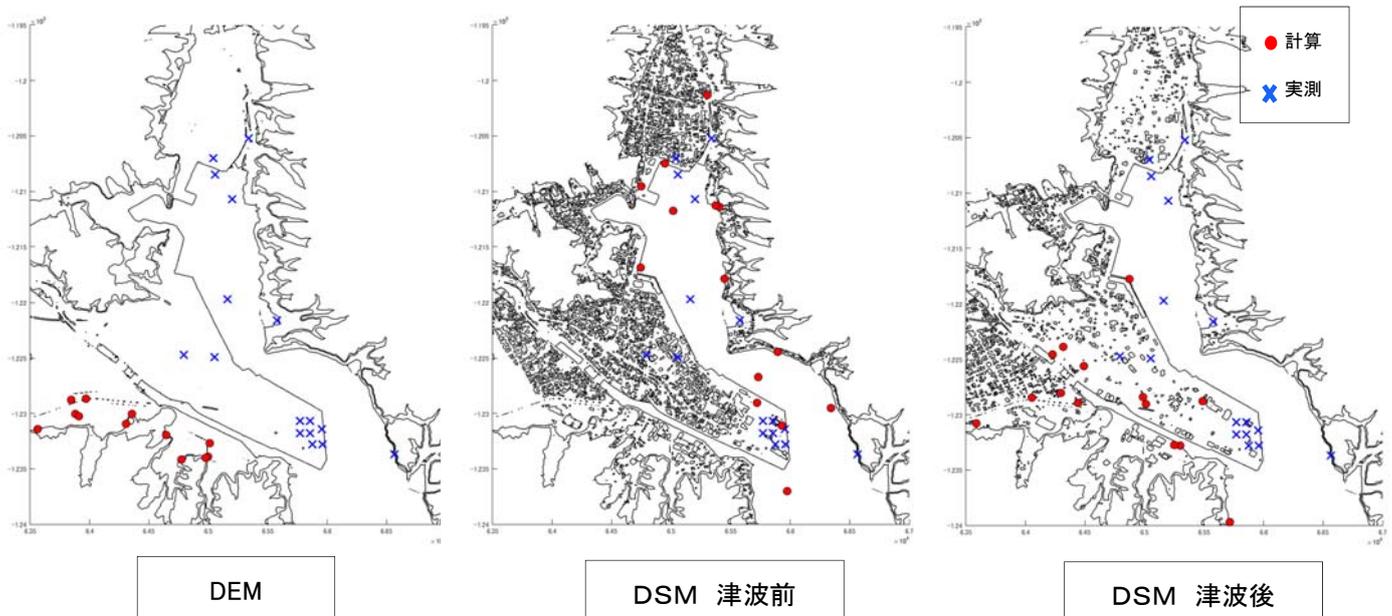


図-3 屋外タンクの漂流計算結果：陸上地形データの違いによる最終到達位置の比較

式を構成する流体力のモデル化には、許ら（2015）¹⁾の矩形型漂流モデルを円柱型に改良した。壁面や堤防などの構造物への衝突は運動量保存則により考慮することができる。被災した屋外タンクの初期位置や最終的な座礁位置、津波前後の空中写真や同市の報告書²⁾に記載されている地図を基にGISソフトウェアを用いることで計測した。さらに、津波来襲時のタンクの内容量など、その他必要なパラメータは上記報告書で明らかになっている内容から平均的な値を推測し、条件として与えた。以上から得られた屋外タンク19基について、一例として初期配置図を図-1に表す。

3. 結果と考察

気仙沼湾に來襲した津波の流況について考察するため、最大流速分布を比較する。図-3より、構造物の存在により特に陸域での流速分布に大きな違いが確認できる。この違いは後述の屋外タンクの漂流状況に大きな影響を与える。

図-4は各地形モデルの違いによるタンク到達位置の比較である。実測によると、屋外タンクの漂着位置は初期位置付近（朝日町）、湾奥の蜂ヶ崎～鹿折川付近に座礁・沈没している。計算結果から、DEMモデルの場合は、全てが西側の市街地に流される結果となった。これは、浸入した津波の流況が、建物等の影響がないことから西側へ大きく影響したためと考えられる。また、DSM津波後の場合も一部のタンクは湾内に留まっているものの同様の傾向になった。一方で、DSM津波前の場合には津波の流況が建物群の影響で大きく変化したことと、西側市街地に密集した建物群が屋外タンクの進行を妨げたことにより、結果として実測の漂着範囲に一番近い分布になった。なお、実際の屋外タンクの漂流は破損した配管などから海水が流入し、沈没することも考えられるため、今後モデルの改良が必要と考える。

参考文献

- 1) 許松, 鳴原良典, 多田毅, 林建二郎(2015) 津波による船舶群の漂流・座礁に関する水理実験と数値モデルの検証, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 71, No. 2, I_277-I_282
- 2) 気仙沼・本吉地域行政事務組合消防本部：東日本大震災 消防活動の記録, www.km-fire.jp/images_higashi/higashikatudou.pdf