津波による船舶漂流の実験及び再現計算

防衛大学校　学生会員　○正寶太朗
防衛大学校　正会員　鴫原良典
防衛大学校　正会員　藤間功司

１．背景と目的

2011 年 3 月 11 日の東北太平洋沖地震津波では，死者・行方不明者が約 2 万人となった．津波の強い流れによって船舶・車両・コンテナなどが漂流し，陸上の構造物に衝突することにより被害が拡大した．津波の被害を予測する上で漂流物を伴う津波氾濫解析が近年提案されているが，モデルの精度検証などが不十分であるため，効果的手法は確立されていない．そこで本研究では，津波による船舶漂流現象の水理模型実験を行い，数値モデルにより実験の再現計算を行った．

２．実験・計算方法

図-1 に実験装置を示す．長さ 11m，幅 7m の平面造波水槽に防波堤の模型を設置し，港の幅を徐々に狭くしてある．スケールは 1/100 である．図中左端から周期 20 秒の正弦波を造波した．容量式波高計で水位を，電磁流速計で水平成分の流速を計測した．漂流実験としては，**図-2** で示すように 9 隻の船舶模型をランダムに浮かべ，同時に物体を漂流させた．上方からビデオカメラで撮影し，**図-1** 中の座標原点を基準として，画像解析により船舶模型の移動軌跡を取得した．船舶漂流現象の再現計算の手順として，まず津波の計算を行い，水槽内の水位と流速を出力する．上記の津波流速が船舶に流体力として作用するとして運動方程式を解くことにより，船舶の移動計算を行う．津波は非線形長波理論を支配方程式とし，Leap-frog 差分法 [1]により計算する．**図-3** に防波堤模型付近における実験と計算の水位時系列の比較を示す．再現性は概ね良好である．船舶漂流のモデル化は本多ら(2009)の剛体回転モデル [2]を採用した．

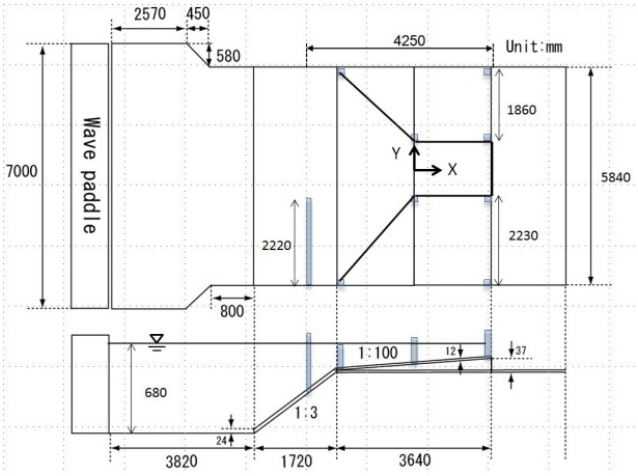

図-1　実験水槽の概要

図-2　船舶模型の初期配置

３．結果と考察

漂流計算の結果として，実験と計算での船舶の重心座標の時間変化を比較した．9 隻の船舶模型のうち，最大の差を示したものを**図-4**，最小の差を示したものを**図-5** に示す．両者とも，造波が終了する 20 秒まで差が

キーワード　津波，船舶，漂流，剛体回転モデル

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：shigi@nda.ac.jp

小さいものの，30 秒を過ぎた辺りで実験値と計算値の差が急激に大きくなり始め，最終的に計算と実験の重心位置の距離が 5m以上になった．一方，最小の差となったケースでは座標の時間的変化ほぼ同等であった（**図-5**）．以上のような差が生じた理由としては複雑な流れ場の影響が考えられる．実験映像と計算の動画を比較したところ，実験映像では，誤差が最大の船舶は 30 秒付近では防波堤付近で発生した渦に巻き込まれるよって軌道が変化したが，計算結果を観察すると，渦の影響を受けずに進んでいることがわかった．一方で，最小の差となった船舶について観察すると，実験映像と計算の動画ともに複雑な流れに巻き込まれていないことが確認された．

４．結論

本研究では，津波による船舶漂流の実験を行い，漂流物移動モデルによる計算の再現性について調べた．その結果，比較的緩やかな流れ場での船舶の漂流現象はおおむね良好に再現できた．ただし，防波堤付近に発生する複雑な流れ影響を受けた船舶は漂流物移動モデルによる計算の再現性は難しく，再現性の精度を高めることが今後の課題である．

５．参考文献

1) IUGG/IOC TIME Project：Numerical method of tsunami simulation with the leap-frog scheme, Int. Oceanogr. Commission Manual Guides, Vol.35 pp.126 (1997)

2) 本多ら：多数の津波漂流物を解析する数値モデルの開発，海洋開発論文集，第 25 巻，pp.39-44，(2009)

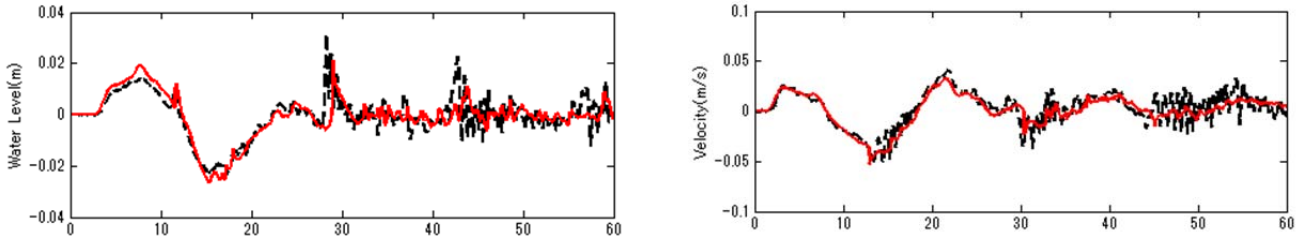

図-3　津波水位と流速の時系列（黒：実験，赤：計算）

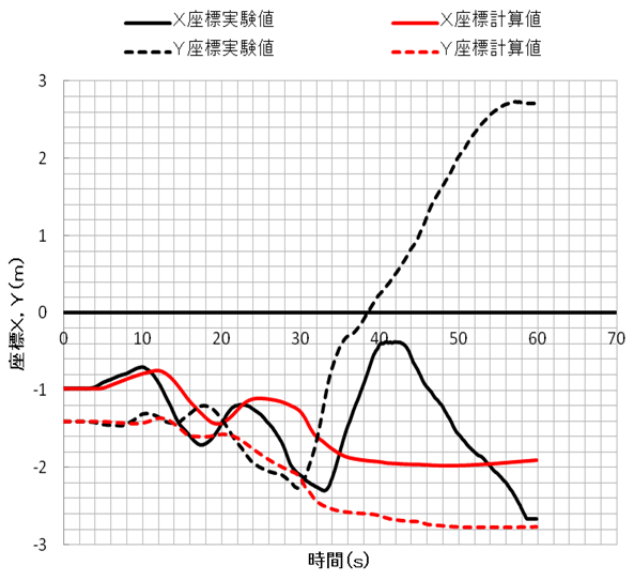

図-4　船舶模型の重心位置の比較（誤差が最大）

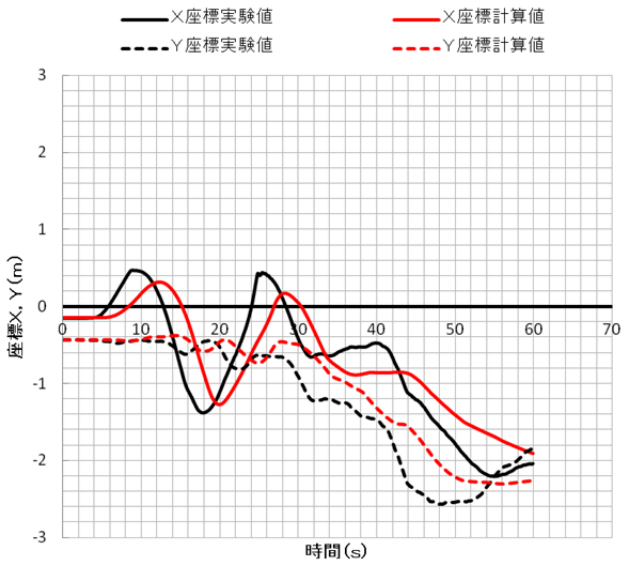

図-5　船舶模型の重心位置の比較（誤差が最小）