

## 津波による小型船舶の漂流衝突力の算定方法の構築と 津波防災力に関する研究

研究代表者	名古屋大学大学院工学研究科 教授	水谷 法美
共同研究者	名古屋大学大学院工学研究科	川崎 浩司

### 研究成果の要旨

本研究では、小型船舶の津波来集時の挙動、特に陸上への打ち上げと打ち上げ後の漂流挙動と漂流衝突力を中心に水理模型実験と数値解析手法の両面から検討を加えた。まず、初年度の平成 17 年度は、(1) 小型船舶の津波による打上・漂流挙動の解明と漂流衝突力のモデル化、および(2) 船舶の津波による挙動の数値解析手法の開発に力点を置いて研究を実施した。

前者の小型船舶の挙動に関しては水理模型実験を実施し、船舶の岸壁への打ち上げ時の挙動と陸上へ打ちあがった後の漂流挙動について、考究した。そして、護岸に平行に船舶を設置した場合、水位上昇にともない鉛直上方にゆっくり上昇しながら護岸に接近し、船舶の側面（岸側）が護岸前面と一致するあたりで急激に加速してエプロン上を漂流すること、一方、直角に船舶を設置した場合、鉛直上方への移動よりも波進行方向への移動量が大きく、その結果、船舶の前面下部が護岸に衝突しやすいこと、そして、これらの差は、入射波の波面の傾斜に依存し、入射波の来襲状態が船舶の挙動に影響を及ぼすことを明らかにするとともに、漂流時の護岸への衝突や打ち上がりは、吃水に大きく影響されることも明らかにした。また、入射波高の小さい場合、漂流速度は船舶の初期設置方向に関わらず吃水（質量）の違いにより大きく差が出るが、入射波高が大きくなると、漂流速度は吃水によらず、船舶の初期設置方向に依存するようになること、船舶の漂流衝突力は、コンテナで指摘されている結果と異なり、付加質量の影響が極めて小さいことも明らかにした。さらに、船舶の質量のみを考慮した衝突力の簡便な算定モデルを提案した。このモデルによる計算値を実験値と比較した結果、いくつか過小評価するケースもあり、改良の余地はあるものの全般的に良好な一致が認められた。

後者に関しては、気相・液相・固相を含む複雑な多相場を高精度に数値解析することを目的に、CIP 法と拡張 SMAC を駆使しながら、2 次元・3 次元固気液多相乱流数値モデルの構築に取り組んできた一連の研究を発展させ、本研究では、これまで構築してきた 2 次元および 3 次元固気液多相乱流数値モデルに、不等間隔格子を導入し、複数剛体の運動解析が可能となるようにモデルを改良し、岸壁前面の船舶や浮体の波浪応答を解析できるモデルの開発を行った。具体的には、圧縮性流体に対する質量保存式、Navier-Stokes 運動方程式、圧力方程式、異相間の割合を表す密度関数の移流方程式、バロトロピー流体に対する状態方程式を基礎方程式とし、時間分離解法により、質量保存式、運動方程式、圧力方程式を移流段階と非移流段階に分割して数値解析を行った。固相の運動解析では、固相群は剛体で、運動形態は並進と回転の両方から構成されると仮定した。解析方法としては、固相を高粘性流体と考え、全相に対して上述した流動解析を行う。そして、得られた固相の内部圧力と密度関数を用いて、複数剛体の各重心を求め、それぞれの剛体に対する並進速度と角速度を計算し、剛体形状を保持するように固相に対してのみ相対的位置を修正する。これにより、複数剛体の運動を考慮した多相流動場の数値解析を行うことができるようになった。

研究期間 2 年目の平成 18 年度は、さらに IB 法を VOF 法と連成させた数値波動水槽の開発に取り組んだ。そして、体積力型の IB 法を採用することにより、移動境界の取り扱いに成功し、波と構造物の相互作用問題を漂流も含めて計算可能となった。さらに、水理模型実験と本数値解析手法の比較から、本数値解析手法の妥当性の検証も行った。

一方、LS-DYNA3D に ALE 要素を導入した水・構造連成解析も実施した。ALE 要素の導入をいくつかの予備計算を行って検討し、その妥当性を検証した後、上記の数値波動水槽と LS-DYNA3D による水・構造物連成解析手法を連続的に駆使し、遡上津波による漂流からコンクリート柱などへの衝突までの一連の計算を継続的に、かつ効率的

に解析可能な数値解析スキームを構築した。本手法により、小型船舶を単純化した矩形構造物の円柱や平板への衝突力を妥当に計算可能であることを示した。