

TSUBAME 共同利用 令和元年度 学術利用 成果報告書

利用課題名 損傷船体の縦曲げ最終強度と波浪中安全性評価に関する研究
英文: Study on the ultimate bending strength and the safety assessment of damaged ships

橋本 博公
Hirotada Hashimoto

神戸大学 海洋底探査センター
Kobe University
<http://www.k-obec.kobe-u.ac.jp/>

船舶が衝突・座礁した場合、折損・沈没などの大規模損傷に至るかどうかが、至る場合はどの程度の時間が残されているかを、海象条件を考慮して評価する必要がある。本研究は、漂流あるいは被曳航状態の損傷船体について、浸水流動が全船応答および縦曲げ強度に及ぼす影響を調査することを目的とする。TSUBAME3.0 上でのハイブリッド並列計算により、2 億超の粒子を用いた大規模な陽的 MPS 法を用いて、内部浸水を含む非線形流体挙動をシミュレートし、全船応答の付加質量力、復原力等の巨視的流体力に及ぼす影響を明確化することを試みた。外乱条件としては、縦曲げ強度が最も求められる規則向波とし、瘦型船を対象に損傷破孔の有無が波強制力に及ぼす影響について調査を行った。

In this study, the influence of floodwater on a ship response and longitudinal bending strength of a damaged hull was investigated. By using hybrid parallel computation on TSUBAME3.0, nonlinear fluid behavior including internal floodwater was simulated by a large-scale explicit MPS method with 200 million particles. Then the influence on an added mass force and a restoring force of a whole ship was presented. The external disturbance was set as regular head waves in which the longitudinal bending strength is most required, and effects of presence or absence of damage opening on a wave-exciting force was investigated for a slender ship.

Keywords: Damaged ship, Floodwater, Longitudinal bending strength, Explicit MPS, GPGPU

背景と目的

船舶が衝突・座礁した場合、人命・財産・環境への影響を最小化するためには、漂流あるいは被曳航状態の損傷船が、折損や沈没に至るかどうかが、あるいは至る場合にはそれまでの時間を、海象条件を考慮して、即時に精度良く判断する必要がある。そのため、まず上述の状態にある損傷船体を対象として、詳細な数値解析(波浪中弾性応答、縦曲げ崩壊挙動、浸水部流体挙動)、並びに水槽試験を行い、波浪中における損傷船体の縦曲げ崩壊挙動を浸水・傾斜影響を含めて明らかにすることを目的とする。

本研究では、損傷船体の縦曲げ最終強度評価法を確立するにあたり、損傷破孔を介して出入りする浸水滞留水が波浪中の船体応答及び縦曲げ荷重に及ぼす影響を明らかにすべく、スーパーコンピュータ TSUBAME3.0 を使用し、十分な大きさの数値水槽を用いた大規模粒子法によって、損傷破孔の有無が船体に作用する波浪強制力に及ぼす影響について明ら

かにした。

概要

浸水流動が全船応答に及ぼす影響を縦強度の観点から調べた研究はこれまでなく、その第一歩となる検討を行う。数値計算には、研究代表者らが開発してきた複数 GPU を用いての並列計算が可能な陽的 MPS コードを用いる。粒子法の計算コストは、GPU 単体でも大幅に低減させることが可能だが、MPI 通信を用いた複数デバイスによるマルチ GPU 並列プロセス計算を行うことで、2 億超の粒子数を用いた計算を可能としている。MPI によるプロセス並列は、複数の CPU プロセッサで複数のタスクを同時に実行することを可能としており、OpenMPI を並列処理に使用することで計算領域を分割し、それぞれの分割領域における演算を CPU プロセッサに割り当てて処理することで、計算負荷の分散を図っている。また、プログラムにおけるメインストリーム、領域分割の各種処理、分割領域同士の

情報通信(コミュニケーター)はホスト側で逐次処理を行い、分割領域内での粒子法による流体解析では、最も計算コストの高い時間発展部分の全てをデバイス側の演算によって処理する。

数値水槽は Fig.1 に示す通りであり、水槽壁面からの反射波の影響を避けるため、船体に対して十分に大きな水槽サイズを確保し、倒立振り型の造波機の反対側には傾斜角 15 度の消波ビーチを設けた。初期粒子配置に対して、2 次元スライスグリッドによる領域分割の様子を Fig.2 に示す。本研究では、8 ノード、32 GPU を用いて 40 秒間のシミュレーションを行った。なお、計算領域分割数は 64 である。

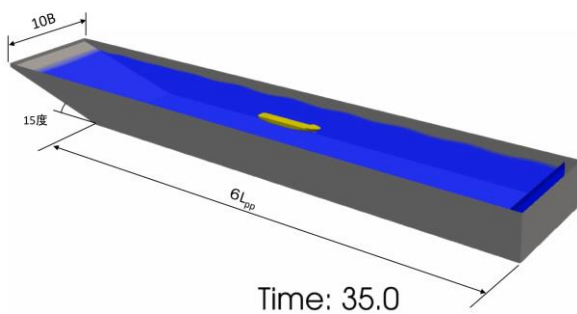


Fig.1 Numerical wave tank

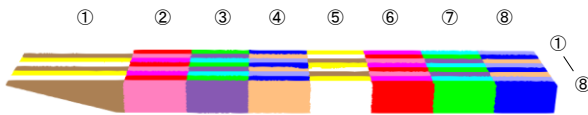


Fig.2 Initial decomposition of the domain

数値水槽に設置した船体は運動を完全固定とし、いわゆるディフракション問題を解くことで、波浪強制力を求めた。非損傷状態と右舷中央部に損傷破孔と損傷区画を有する損傷状態の 2 状態について、シミュレーションを実施した。波条件は、縦曲げモーメントが厳しくなる波長船長比 1.0、波高波長比 0.027 の規則波を真正面から受ける向波と設定した。

結果および考察

非損傷状態におけるシミュレーションのスナップショットを Fig.3 に、ある瞬間における船体表面の圧力分布を損傷/非損傷の両状態について Fig.4 に示す。Fig.4 より、損傷状態では船体中央部の区画に浸水が生じ、内部の滞留水に作用する重力が評価されていることが分かる。



Fig.3 A snapshot of simulation



Fig.4 An example of pressure contour on the hull surface

Fig.5 は、非損傷状態における、上下、左右方向の波強制力、ならびに船体重心周りの横揺れモーメントのシミュレーション結果である。Fig.6 は同じ波条件における損傷状態の結果である。滞留水の影響により、船体に作用する上下方向の浮力が低下していること、幅方向に対する非対称浸水を原因とする非定常横揺れモーメントが生じており、計算結果の妥当性が見て取れる。また、損傷区画の存在により、左右方向にも定常な流体力が生じていることは興味深い。

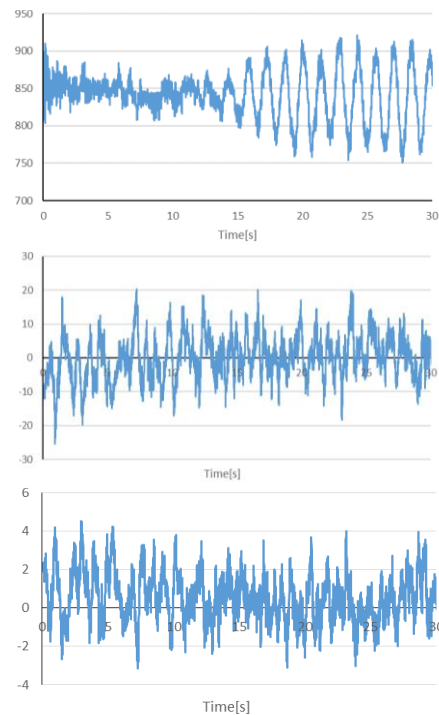


Fig.5 Wave-exciting forces and moment on the intact hull

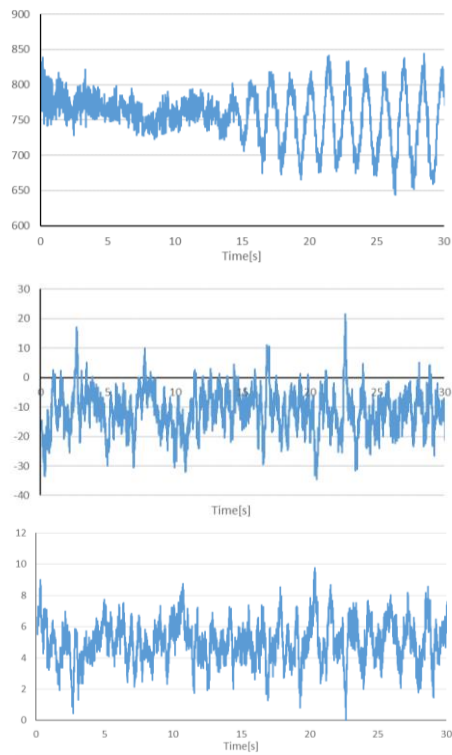


Fig.6 Wave-exciting forces and moment on the damaged hull

まとめ、今後の課題

TSUBAME3.0を用いた大規模な陽的MPSにより、瘦型船の非損傷/損傷状態での波浪強制力の推定を試みた。本計算における空間解像度は、喫水に対して約10個、全幅に対して約30個程度の粒子に留まっているが、波強制力については、損傷区画の存在の影響を定性的に推定できているようである。今後は水槽実験を実施し、その結果と比較することで、縦曲げ強度の解析に求められる精度が得られているかを検証する必要がある。