

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21360430

研究課題名（和文） 津波・船体運動計算の連成化研究

研究課題名（英文） Research on coupling of tsunami and ship motion

研究代表者

小林 英一（KOBAYASHI EIICHI）

神戸大学・大学院海事科学研究科・教授

研究者番号：90346289

研究成果の概要（和文）：海溝型大型地震に伴い津波が発生するがこれは湾内では緩やかな水位上昇と水平流れという現象となるがこのような状態での船舶挙動解析については従来十分な検討がされていなかった。本研究では津波を受けた状態での港湾での船舶の動的挙動を数値流体力学手法を用いて評価するシステムを作成し、津波来襲時の船舶の係留状態、離接岸状態など、従来の手法では適切に評価することが難しかった状況について解析評価できるようにした。

研究成果の概要（英文）：A tsunami attack on the coast would not only increase the sea level, but would also create strong horizontal flows in bays and ports. It is very important from the viewpoint of marine-disaster prevention to gain a better understanding of the motion of ships originating in tsunami flows and to develop countermeasures in the face of a tsunami attack. A new evaluation system of ships movement under the tsunami attack has been established by use of computer fluid dynamics method. As the results, it enables the simultaneous estimation of the movements and mooring forces exerted on moored ships in the case of a tsunami wave.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,700,000	1,710,000	7,410,000
2010年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2011年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
年度			
年度			
総計	14,600,000	4,380,000	18,980,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：津波、船舶、漂流、衝突、流体力学、水平流れ、安全・安心

1. 研究開始当初の背景

超大型の南海・東南海地震が今後30年間に50%以上の高い確率で発生するとされており、このような地震により巨大津波が発生する。この津波は湾内へは緩やかな水位上昇と水平流れとなり進入してくる。そして湾奥の狭隘な水域などでは、局所的に強い水平流れとともに、水位上昇が2m程度以上にまで及ぶ

こともある。このような状態での船舶の挙動解析について、社会から最も今求められている「船舶が留まっていると安全なのか？」あるいは「津波による岸壁近くでの複雑な水平流れの中での船舶の挙動はどうなるのか」という命題を解決できる手法の開発には至っていない。

2. 研究の目的

本研究は特に港湾奥部での津波による複雑な流れの中での船舶の挙動について、数値流体力学を用いた被津波船舶挙動解析モデルを作成し、様々な条件下において、どこで局所的な流れが生じ、どのような地形や条件で操船困難になるか、どこで強い津波外乱を受けるかなどが解析評価できるようにすることを目的とした。

3. 研究の方法

港湾に津波が来襲した時に、様々な条件下において特に岸壁など万一のときに最も被害が大きい状態での、船舶の挙動を計算する数値流体力学(CFD)による解析システムを開発した。具体的には、津波計算とCFD計算との融合化のためのCFDコード開発の手順確立、水槽試験による基本データの獲得、総合計算を実施した。

4. 研究成果

(1) 港湾内の浅水を想定したコードの検証計算の実施

CFDを援用した被津波船舶挙動解析モデル構築のため、CFDによる操縦流体力計算の精度確認のための実験を行った。まずこの実験に必要な操縦流体力計測装置の設計製作を実施したが、この装置は、ヒープ、ピッチ、ロール挙動を許容しつつ船体に作用する前後力、左右力、およびヨーモーメントを三分力計で計測するものである。この装置を使い、神戸大学総合水槽で浅水斜航および大斜航角試験を水深・喫水比 $H/d=1.2\sim 7.0$ の範囲で、また斜航角は0度~180度として実施した。対象船舶は、操縦運動研究分野で多くの模型実験が実施されデータが公表されている”ESSO OSAKA” VLCC 船型とした。実験結果は一部に既往の実験結果と異なる傾向が見られるものの概ね同等の傾向を示した。これらの実験結果とCFD計算結果との対比については、良好に一致する部分とやや異なる傾向を示す領域が確認された。

(2) 船体粘性流場計算CFDの高度化

重合格子対応型RANS法をESSO OSAKA船型を対象とした深水域計算並びに浅水域計算に応用し、先に述べたように既往実験データや、本年度に実施した浅水域実験のデータと比較し、計算安定性や計算精度の確認等を詳細に行った。その結果、深水域についてはほぼ満足できる結果が得られているが、浅水域計算に関しては、モーメントの計算精度の向上等を含め、計算格子の解像度等について検討を継続する必要があることが明らかになった。このような課題を迅速に解決した他の船型など汎用的実施できるようGRIDGEN等の

市販コードを合理的に併用する計算格子生成法に関する検討も行った。

(3) 津波計算コードの精緻化

計算コード整備に関する検討結果や広範な水槽試験結果に基づき、船舶の運動計算コードとの連成化をより効果的、合理的に行うための計算コードそのものやネスティングを含めた計算格子構成などについて、実務的な運用に適応できる手法の提示と計算を行った。あわせて、様々な境界条件についての適用性の限界や留意点など運用上の指針についての検討も行った。

(4) 船体運動のCFD高度化

超浅水域、狭水域での計算精度の向上、および回頭運動状態での取り扱いに対する検討を加え、津波計算手法との効果的な連携手法の改善を行った。特に、安定して計算が実施できる条件、計算速度などにも留意し、CFD計算手法の精度向上に向けた指針をまとめ、計算の高度化・高速化を試行し実用的・実務的なCFD操縦流体力計算手法整備を行った。

(5) 全体システム構築

VLCC模型についての、浅水域での大角度を含む斜航試験、浅水域での船舶運動性能に関する実験結果とCFDによるこの実験対応の計算結果の比較検討・評価を行った。またCFDを活用して導出する操縦流体力の計算については、高性能のワークステーションを使用した高効率化についての検討と評価を行った。また、今までの実施した研究全体についてのとりまとめを行い、今後の指針をまとめた。

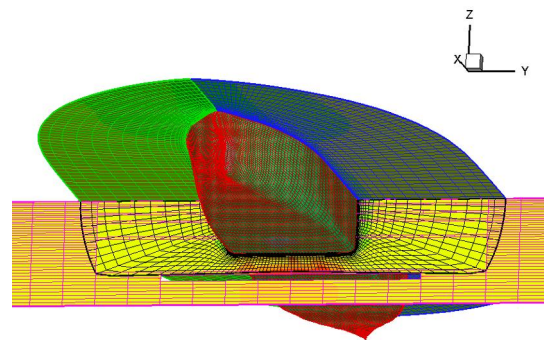


図1 CFD計算用の格子の一例

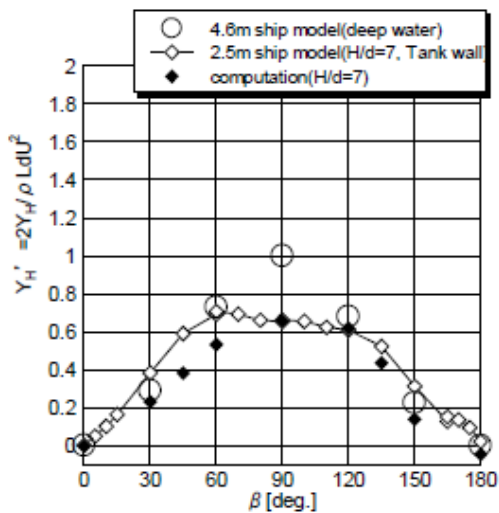


図2 船体に作用する横力のCFD計算結果

(6) 総合評価

本研究の成果を援用して、係留状態など代表的なケースについて、被津波船舶を対象としての計算を行い、その有効性を示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 15 件)

- ① Y. Tahara, Y. Masuyama, T. Fukasawa, M. Katori, CFD CALCULATION OF DOWNWIND SAIL PERFORMANCE USING FLYING SHAPE MEASURED BY WIND TUNNEL TEST, 4th High Performance Yacht Design Conference, 査読有, 2012, pp38-47.
- ② R. Ohta, M. Murayama, E. Kobayashi, S. Koshimura and T. Osawa, Evaluation of the Behavior of Moored Ships under Tsunami Attack, Proceedings of Asia Navigation Conference 2011, 査読有, 2011, pp. 469-476
- ③ E. Kobayashi, K. Yurugi, S. Koshimura, Tsunami Attack Evaluation and Countermeasures for Moored Small Ships in a Port, Proceedings of Omae2011, June, 20-24, Rotterdam, 査読有, 2011
- ④ Y. Kimura, E. Kobayashi, Y. Tahara, S. Koshimura, A Study on Estimation of Hydrodynamic Forces Acting on a Ship

Hull in Shallow Water by CFD, Proc. 2nd International Conference on Ship Manoeuvring in Shallow and Confined Water: Ship-to-Ship Interaction, 査読有, 2011, pp.193-201.

- ⑤ Y. Tahara, Y. Masuyama, T. Fukasawa, M. Katori, Sail Performance Analysis of Sailing Yachts by Numerical Calculations and Experiments, Fluid Dynamics, Computational Modeling and Applications, 査読有, INTECH Publisher, ISBN 978-953-51-0052-2, 2011, pp. 91-118.
- ⑥ Y. Tahara, D. Peri, E. F. Campana, F. Stern, Single- and multiobjective design optimization of a fast multihull, Journal of Marine Science and Technology, 査読有, Volume 16, Number 4, 2011, pp. 412-433.
- ⑦ Y. Tahara, T. Hino, M. Kandasamy, Wei He, Frederick Stern, CFD-Based Multiobjective Optimization of Waterjet Propelled High Speed Ships, 11th International Conference on Fast Sea Transportation FAST, 査読有, 2011.
- ⑧ 橋本貴之, 越村俊一, 小林英一, 藤井直樹, 高尾誠, 津波来襲時における船舶漂流・座礁モデルを用いた臨海都市域危険度マップの開発, 土木学会論文集 B2 (海岸工学論文集, 第 57 巻), 査読有, Vol. 66, No. 1, 2010, pp. 236-240.
- ⑨ 村山雅子, 出口一朗, 小林英一, 大澤輝夫, 瀬戸内海における津波襲来時の錨泊船舶の挙動に関する研究, 航海学会論文集, 査読有, 124 号, 2010, pp. 311-318.
- ⑩ E. Kobayashi, K. Yurugi, H. Makino, K. Onoda, S. Koshimura, Evaluation of Tsunami induced motions of small moored ships, Proceeding of 4th PAAMES and AMEC2010, 査読無, 2010, pp. 237-241.
- ⑪ Kohei Yurugi, Eiichi Kobayashi, Shunichi Koshimura, Evaluation of countermeasures for a ship from tsunami attack, Techno Ocean 2010, 査読無, 2010.
- ⑫ 村山雅子, 小林英一, 水ノ江隆志, 近藤英昭, 越村俊一, 大澤輝夫, 輻輳海域における津波襲来時の海上交通流について, 日本船舶工学会論文集, 査読有, 第 11 号, 2010, pp. 181-188.
- ⑬ Masako Murayama, Eiichi Kobayashi, Hideaki Kondo and Shunichi Koshimura, A Reserch on Ships Evacuation Simulation due to a Tsunami Attack in the Seto Island Sea, Proceeding of 20th(2010) International Offshore and Polar

Engineering Conference, 査読有, 2010, pp. 605-610.

- ⑭ E. Kobayashi, S. Koshimura, Takashi Mizunoe, Study on the Evacuation Maneuver from a Tsunami Attack, Proceedings of International Conference on Marine Simulation and Ship Maneuverability, 査読無, 2009, pp. C115-C122.
- ⑮ Trika Pitana, Eiichi Kobayashi, Optimization of ship evacuation procedures as part of tsunami preparation, Journal of simulation, Journal of simulation, 査読有, Vol. 3, 2009, pp. 235-247

〔学会発表〕(計 11 件)

- ① 村山雅子, 川端拓郎, 小林英一, 越村俊二, 大澤輝夫, 近藤英昭, 周防灘及び伊予灘海域における津波来襲時の船舶避難に関する研究, 日本船舶海洋工学会秋季講演会, 2011年11月9日, 神戸市産業振興センター
- ② 村山雅子, 小林英一, 大澤輝夫, 越村俊二, 近藤英昭, 周防灘海域における津波来襲時の船舶の港外避難に関する研究, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2011年5月20日, 福岡県中小企業振興センター
- ③ 木村安宏, 小林英一, 田原裕介, 越村俊二, CFDによる浅水域における操縦流体力の推定について, 日本船舶海洋工学会秋季講演会, 2010年11月16日, 神戸市産業振興センター
- ④ 万木浩平, 越村俊二, 小林英一, 津波襲来時における停泊船舶の避難対策の評価, 日本船舶海洋工学会秋季講演会, 2010年11月15日, 神戸市産業振興センター
- ⑤ 村山雅子, 小林英一, 越村俊一, 大阪湾における津波襲来時の船舶避難に関する検討, 日本船舶海洋工学会秋季講演会, 2010年11月15日, 神戸市産業振興センター
- ⑥ 村山雅子, 小林英一, 水ノ江隆志, 近藤英昭, 越村俊二, 津波来襲時の海上交通流シミュレーションに関する研究, 日本船舶海洋工学会秋季講演会, 2010年11月6日, 大阪大学コンベンションセンター
- ⑦ 伊井常泰, 小林英一, 斧田康佑, 越村俊二, 係留小型船舶の津波影響と対策, 日本船舶海洋工学会秋季講演会, 2010年11月6日, 大阪大学コンベンションセンター
- ⑧ 村山雅子, 小林英一, 近藤英昭, 越村俊

二, 輻輳海域における津波襲来時の船舶避難に関する研究, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2010年6月8日, タワーホール船堀

- ⑨ 木村安宏, 小林英一, 田原裕介, 越村俊二, CFDを活用した操縦流体力推定の試み, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2010年6月7日, タワーホール船堀
- ⑩ 斧田康佑, 小林英一, 越村俊二, 小型船舶の津波対策に関する研究—係留された複数船舶の運動モデル化, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2009年5月28日, 神戸市産業振興センター
- ⑪ 村山雅子, 小林英一, 水ノ江隆志, 近藤英昭, 越村俊二, 輻輳海域における津波来襲時の海上交通流について, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2009年5月28日, 神戸市産業振興センター

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 英一 (KOBAYASHI EIICHI)
神戸大学・大学院海事科学研究科・教授
研究者番号: 90346289

(2) 研究分担者

越村 俊一 (KOSHIMURA SHUNICHI)
東北大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 50360847

(3) 研究分担者

田原 裕介 (TAHARA YUUSUKE)
海上技術安全研究所・上席研究員
研究者番号: 10264805

(4) 研究分担者

木村 安宏 (KIMURA YASUHIRO)
大島商船高等専門学校・商船学科・講師
研究者番号: 10465916