

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03488

研究課題名(和文) 荷重間の位相差を考慮した複合荷重下の船体構造の構造信頼性評価

研究課題名(英文) Reliability analysis of ship structure subjected to combined loads taking account of phase difference among loads

研究代表者

飯島 一博(Iijima, Kazuhiro)

大阪大学・工学研究科・教授

研究者番号：50302758

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、船体桁の縦曲げと船体二重底の局所的な曲げ変形の組み合わせのように、複合荷重が作用する場合の船体の総合的な構造安全性評価を行った。まず位相差を含めた複合荷重を厳密に評価できるシミュレーション手法として、CFD(数値流体力学)とFEM(有限要素法)を組み合わせた手法の開発を行い、複合荷重ならびにその船体応答の評価が可能であることを示した。また、同手法に代理モデルを組み合わせ、FORM(一次信頼性手法)ことで弾性振動成分を含む不規則波中の極値分布を求めた。結果は水槽試験によって結果検証した。また、極値分布を求める際に用いたFORMを再度用いることで複合荷重下の構造信頼性評価を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年のコンテナ船の折損事故の要因に、船体縦曲げ荷重と二重底曲げの複合荷重、また船体波浪中弾性振動との重畳による複合荷重が挙げられる。本研究では、第一原理に基づく流体力学的手法と構造力学的手法を組み合わせ、位相差を含めて厳密に考慮できる手法を開発した。同手法を、複合荷重が再現できる縮尺模型を用いた試験水槽で確認した。さらに、不規則波中のランダムな極限事象について、時間が掛かる同手法の代わりに同じ精度を有する簡易モデルで代理させ(代理モデル)、信頼性手法を組み合わせた新しい安全性評価手法を開発した。いずれも複合荷重下の船体応答について、従来では得られなかった最先端の知見を与えるものである。

研究成果の概要(英文)：This research addresses the structural safety assessment of a ship under combined loads including hull girder bending moment, local double bottom bending moment, and whipping moment. A simulation technique coupled between CFD(Computational Fluid Dynamics) and FEM(Finite Element Method) is developed. The developed method is shown to be effective in evaluating the combined loads and a ship's response under the combined loads. By adopting a surrogate model with the simulation method above and FORM(First Order Reliability Method), the extreme combined loads and load effects including the hydroelastic vibrations under the irregular waves are obtained. The results are validated against scaled model tests. By adopting the FORM again, the structural reliability of a ship under the combined loads are assessed.

研究分野：工学

キーワード：構造信頼性 船体荷重 FORM 複合荷重 代理モデル モンテカルロシミュレーション 設計波 流力弾性

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2013年6月に発生した大型コンテナ船の船体折損事故は社会に大きなインパクトを与えた。事故調査の最終報告書[1]によれば、考えられる要因として、(1)二重底に作用する横荷重と船体縦曲げ荷重の複合、(2)水面衝撃に起因するホイッピング荷重など流力弾性応答と通常の波浪成分の縦曲げ荷重の複合、が指摘された。これらの指摘は同報告書の船体構造規則に対する提言にも含まれ、直ちに規則強化が進められた。今後の合理的な基準作成のためにも、学術的な要因解明を継続することが期待された。

最もあり得る事故の要因やシナリオを理論的に解明するためには、構造信頼性理論を用いた総合的な安全性評価が有効である。構造信頼性理論を用いることで、事象が生じる確率が評価される。それにとどまらずその極限事象を生じさせる確率変数の組み合わせが設計点として得られ、設計点を解釈することで事象のシナリオを読み取ることができる。そこで、構造信頼性理論のFORMを用いて、安全性評価することが考えられた。FORMを複合荷重下の極値の問題に適用する際には、まず複合荷重を正しく評価できる手法の確立が必要であった。

### 2. 研究の目的

本研究の最終的な目的は複合荷重下の船体構造の安全性評価手法を確立することであるが、それを達成するためのいくつかのポイントがある。それぞれのポイントに対して以下の目的ならびに研究項目を抽出した。

#### (1) 船体の複合荷重ならびに複合荷重下の船体構造の応答の評価法の開発

当初はポテンシャル理論に基づいた手法の検討を行ったが、第一原理に基づき、スラミングなどの衝撃荷重を含め、荷重間の位相を正確に考慮した評価が行えるという点で、CFD(Computational Fluid Dynamics; 数値流体力学)とFEM(Finite Element Method; 有限要素法)を連成させた手法の開発を行う。これが全ての出発点となる。

#### (2) FORMを二重に適用することによる安全性評価手法の開発

安全性評価を行う際には複合荷重の極値を求める必要がある。複合荷重の極値を求めておき、得られた極値分布を用いて信頼性評価を行う、という二段階の方法が志向される。極値を求める段階、信頼性評価を行う段階、それぞれでFORM(First Order Reliability Method; 1次信頼性手法)を適用することが考えられた。このようないわば二重化FORM手法を開発する。

#### (3) 代理モデルに対するFORMの適用

上記(2)の複合荷重の極値を求める際に、CFD-FEMの連成解析手法による場合、計算時間が膨大となることが予想される。そこで、CFD-FEM連成手法と同等の結果を生じさせ、かつ簡便で要する計算時間の少ない代理モデル(Surrogate model)を開発し、代理モデルに対してFORMを適用することで複合荷重の極値を効率的に求める方法を開発する。

#### (4) 検証のための模型実験

上記(1)(3)の手法の確認のために、複合荷重現象を再現できる模型の開発と試験水槽を用いた実験による検証が必要である。模型を新たに製作し、水槽試験で規則波中応答と不規則波中応答の計測を行う。

#### (5) モンテカルロ法による検討

FORMを確率評価に用いた場合、そもそものFORMの仮定から生じる評価の誤差があることが判明した。そこで、追加項目として、モンテカルロ法を用いて効率的に、かつより正しく確率や設計点を求める方法を検討する。

### 3. 研究の方法

本研究では上記2のように様々な目的と研究項目があり、それぞれについて方法を述べる。

#### (1) 船体の複合荷重ならびに複合荷重下の船体構造の応答の評価法の開発

CFDとFEMを連成させた複合荷重下の船体構造応答評価法を開発する。CFDは商用のRANSソルバーであるSTAR-CCM+を利用し、そこで得られた圧力分布と剛体運動による慣性力分布をFEMモデルに負荷する。構造FEMソルバーとしては商用ソフトであるLS-DYNAを用いる。いわゆるone-wayと称される、一方向の連成だけを考慮した方法と、双方向のtwo-wayの手法について検討を行う。連成に際しては、二つのプログラムを結びつけるためのプログラムを開発する。他、CFD解析で得られた荷重をFEM荷重に分布荷重で与える際のいわゆるmapping法も検討を要する。

#### (2) FORMを二重に適用することによる安全性評価手法の開発

二重化FORMの適用に際し、特に一段目で単一荷重のみならず複合荷重をどのように取り込むか、がポイントとなる。二つ以上の荷重要素に対する強度相関曲線自体を指標と捉えてFORMを適用する新しい着想を試みる。この方法によって任意の確率レベルに対する複合荷重の極値を求める。二段階目では従来のFORMを用いた構造信頼性解析を行う。

### (3) 代理モデルに対する FORM の適用

正確な数値シミュレーションは、一方で膨大な計算時間を要する。ここでは特に、通常の波浪成分荷重と流力弾性振動との複合荷重を検討し、同事象に対する数値シミュレーションと等価な代理モデルを開発する。代理モデルは力学モデルを基本としており、波浪成分の応答については、いわゆる応答関数ベースの評価に、波高に依存する修正係数を乗ずるものとする。これによって、波浪荷重の sag-hog の非対称性・非線形性を考慮する。さらにホイッピングなどの流力弾性成分に対しては一自由度過渡応答モデルを用い、モデル中の各パラメータを数値シミュレーション結果に適合するように選択することで表現式を得る。数値シミュレーション結果に適合させることで、衝撃荷重と波浪成分荷重間の位相差を考慮することができる。以上の二成分を単純重ね合わせた代理モデルに対して FORM を適用する。

### (4) 検証のための模型実験

大型コンテナ船の挙動を相似的に模擬できる模型の開発を行う。sag-hog の非対称性に代表される、波浪成分の非線形性を含む荷重は、船体形状を実船から幾何学的に縮尺し、さらに重量分布などを模擬することで再現する。ホイッピングのような流力弾性振動に関しては、弾性振動の固有周期を実船と一致させる。二重底曲げについては船底の一部の素材を変えて変形が生じやすくする。以上を取り込んだ模型を開発し、複合荷重特性について実験的検討を行う。

### (5) モンテカルロ法による検討

一旦、限界状態関数が与えられたとき、モンテカルロ法は FORM に比較して高い精度を与えると考えられる。その一方で、今回の問題のようにたくさんの確率変数が含まれている場合、収束が遅い弱点がある。そこで、FORM によって重点領域を絞り込んでおき、モンテカルロ法では重点領域の周りに重点サンプリングする。

## 4. 研究成果

上記 2 で挙げた目的ならびに研究項目に対して、それぞれ研究成果を得た。これによって、当初の目的である、荷重間の位相差を考慮した複合荷重下の船体構造の構造信頼性評価を達成する。それぞれについて項目ごとに述べる。

### (1) 船体の複合荷重ならびに複合荷重下の船体構造の応答の評価法の開発[2]

CFD と FEM を連成させた複合荷重を含む精度の高い荷重と応答評価手法を開発した。それぞれに商用のソフトウェアを用いて流体力学的挙動と構造力学的挙動を解析し、流体力学的挙動（主に流体圧力分布）を構造モデルに負荷する。その際の mapping には IDW (Inverse Distance Weighting) を用いた。構造モデルは梁モデルとシェルモデルの両方を検討した。また、いわゆる One-way と Two-way の連成手法の検討を試みた。

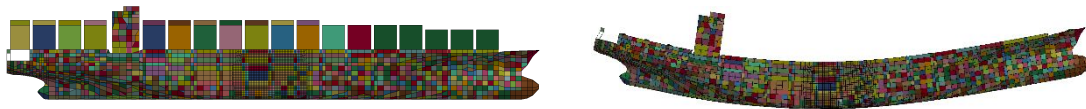


図 1: シェルモデルとそれによる解析結果

シェルモデルを用いることによって（図 1 参照）、二重底曲げを含む同時性のある挙動が解析できることを示した。また、弾性振動挙動の検討に際しては、従来開発を行ってたポテンシャル理論ベースの手法と実用性の高いとされるストリップ法との比較も行い（図 2 左）、今回開発した手法のうち特に Two-way（かつ収束を確実に行った場合, strong coupling）の連成法で高い精度が得られることを示した（図 2 右参照）。

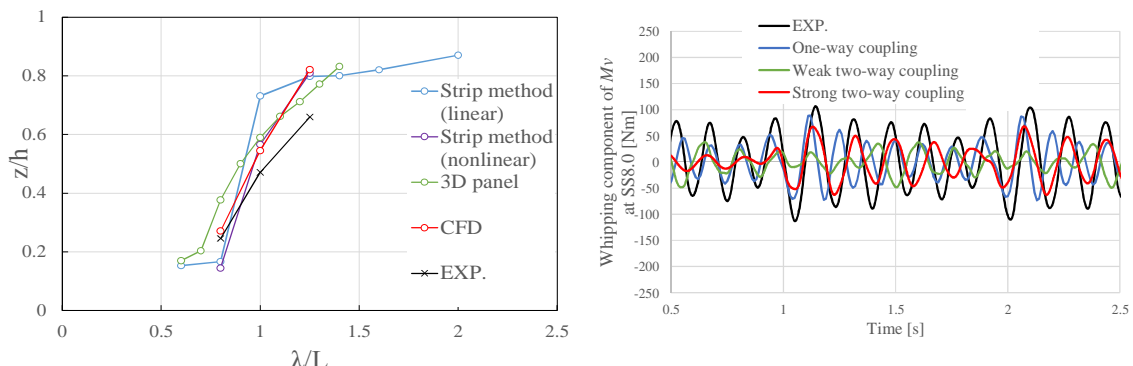


図 2: 各手法間の比較（左：運動応答、右：弾性振動成分）

### (2) FORM を二重に適用することによる安全性評価手法の開発

二重化 FORM の手法を用いて、コンテナ船の安全性検討を行った。限界状態関数として、辰巳らが開発した強度相関曲線[3]を適用した。二重底曲げを含む場合と含まない場合で、崩壊確率

の評価結果が大幅に異なることを示した。二重底曲げを含めた場合の方が縦曲げ強度は見かけ上低下し、この効果により崩壊確率は上昇する、という結果を得た。

### (3) 代理モデルに対する FORM の適用[4]

不規則波中の複合荷重応答を検討する際に、CFD-FEM を直接用いるのではなく、代理モデルに一旦写像する方法を検討した。代理モデルはモデル中のパラメータを十分に適切に選択することで、極値を生じる瞬間において、CFD-FEM モデルと遜色がない精度を有する(図 3 参照)。

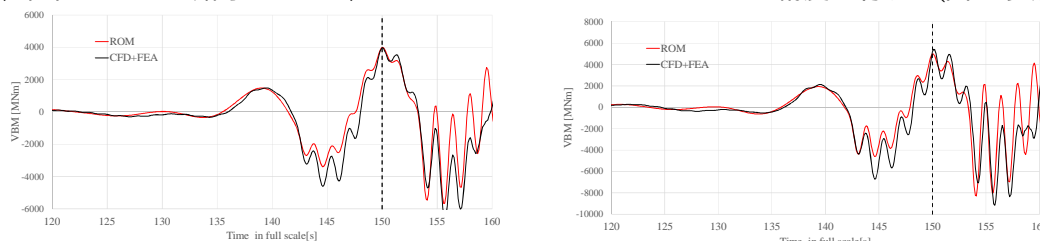


図 3: 代理モデル ( 図中 ROM ) と CFE-FEM 連成解析結果の比較

代理モデルの開発によって、不規則波中の複合荷重の極値分布が求められるようになった。

### (4) 検証のための模型実験[2][4]

次いで、開発項目(1)(3)を検証するために模型実験を行った。模型の写真と代表的な結果を図 4 に示す。模型の縮尺は 1/100 程度であり大型コンテナ船と力学的に相似となっている。船体中央部に弾性変形を許容する機構を有している。

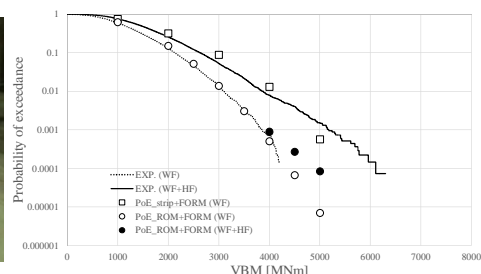


図 4: 船体模型と極値分布

この実験では不規則中の荷重計測を繰り返すことで、弾性振動成分を含む荷重極値の確率分布を得た(図 4 右)。このような確率分布は世界的にも貴重な成果である。あわせて、今回の FORM による推定結果を示す。必ずしも FORM による推定結果は正確ではないが、傾向をよく捉えている。なお、二重底局部曲げについては縦曲げ応答との重畳により見分けがつかず、高い計測精度が得られたとはいえ、全体曲げと局部曲げの両方を計測できる模型の開発が今後の課題となった。

### (5) モンテカルロ法による検討[5]

FORM の弱点は標準正規空間内で設計点近傍で限界状態曲面を超平面に近似してしまう点にある。この弱点を補い、確率を正確に評価するためにモンテカルロ法による計算を検討した。併せて、上記の FORM 計算も反復収束計算する部分を再検討した。モンテカルロ法において、乱数発生時には MCMC(Monte Carlo Markov Chain)法のひとつである Gibbs Sampler を用いることで、重点領域で連続的にサンプリングした。これにより設計荷重のシナリオとなる設計点を特定しやすくなることを示した。

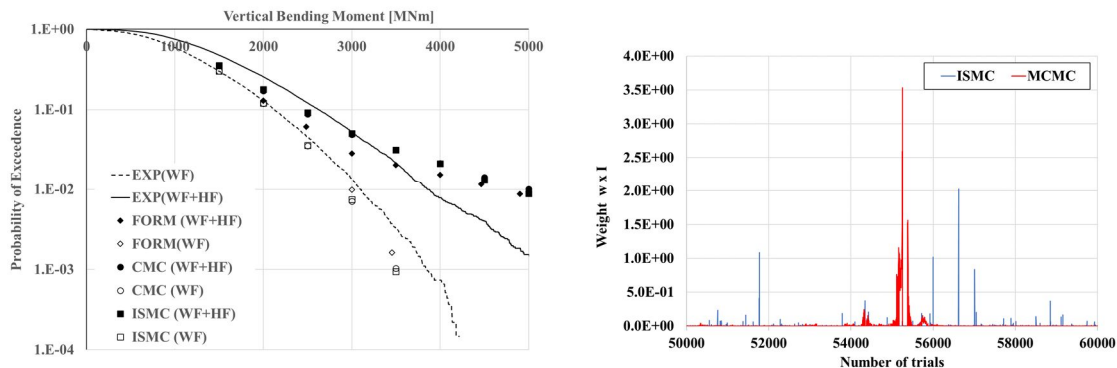


図 5: モンテカルロ法による結果 ( 左 : 極値分布、右 : クラスタ化の様子 )

まず、FORMの再検討により、FORMで弾性振動成分を含む極値の確率分布を求める場合においても、まずまずの評価精度が得られること、また、モンテカルロ法による結果と対比すると、それでも確率で3倍程度の差があることが示された。FORMではひとつの設計点をもとに確率計算しているのに対して、実際には複数個の設計点が存在することが示唆された。モンテカルロ法で特定された重点領域に対して(図5右、赤い線はクラスター化している様子を表す)、極値を再現する波浪時刻歴を描いてみたところ、同じ応答極値には達するが二つの異なった不規則波浪時系列によって、達成されていることが示された。設計波を議論する上で重要な知見である。

#### (6) その他[6]

本研究課題はひろく流力弾性効果の解明でもある。水面上の弾性浮体中の流体構造の連成現象のための理論解モデルから、これまで知られていない非線形波動現象が生じ得ることを理論予測した。新しい現象であり、以前に開発を行った別の数値シミュレーションモデルを見直したところ、同現象が生じることを確認した。また縮尺模型実験結果から、同現象が生じることを確認した。一方、模型の縮尺比が小さすぎたために十分な検証ができず将来課題として摘出された。

#### < 引用文献 >

- [1] Committee on Large Container Ship Safety (2015) “Final Report of Committee on Large Container Ship Safety”, March 2015.
- [2] Takami, T and Iijima, K. (2019) “Numerical investigation into combined global and local hydroelastic response in a large container ship based on two-way coupled CFD and FEA,” Journal of Marine Science and Technology, open access.
- [3] Tatsumi, A and Fujikubo, M (2020). “Ultimate strength of container ships subjected to combined hogging moment and bottom local loads part 1: Nonlinear finite element analysis,” Marine Structures,69, 102683.
- [4] Takami, T., Komoriyama, Y., Ando, T., Ozeki, S. and Iijima, K. (2019) “Efficient FORM-based extreme value prediction of nonlinear ship loads with an application of reduced order model for coupled CFD and FEA,” Journal of Marine Science and Technology, open access.
- [5] Pal, S.K., Ohno, T. Iijima, K.(2020) “An efficient method for prediction of the tail of probability of exceedance of vertical bending moment in a ship based on nonlinear time-domain Simulations,” Proceedings of ISOPE2020, accepted.
- [6] Ma, C., Iijima, K., Oka, M.(2020) “Nonlinear waves in a floating thin elastic plate, predicted by a coupled SPH and FEM simulation and by an analytical solution”, Ocean Engineering, accepted.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 高見 朋希, 飯島 一博	4. 巻 28
2. 論文標題 船底二重底曲げを考慮した船体縦強度評価のための設計不規則波導出	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会論文集	6. 最初と最後の頁 111-120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.2534/jjasnaoe.28.111">https://doi.org/10.2534/jjasnaoe.28.111</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takami, T. and Iijima, K.	4. 巻 3
2. 論文標題 Numerical Method to Estimate Fluid-Structure Interaction Effect of Ships under Severe Wave Condition	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of OMAE2018	6. 最初と最後の頁 V003T02A020
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1115/OMAE2018-77845	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Iijima, K., Ueda, R., Tamaru, H. and Fujikubo, M.	4. 巻 141(3)
2. 論文標題 Effects of Weather Routing on Maximum Vertical Bending Moment in a Ship Taking Account of Wave-Induced Vibrations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering	6. 最初と最後の頁 031101-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.1115/1.4041997	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Iijima, K., Tatsumi, A. and Fujikubo, M.	4. 巻 9
2. 論文標題 Elasto-Plastic Beam Afloat on Water Subjected to Waves	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of OMAE2018	6. 最初と最後の頁 V009T13A016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.1115/OMAE2018-78646	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 Tomoki Takami, Sadaoki Matsui, Masayoshi Oka, Kazuhiro Iijima	4. 巻 59
2. 論文標題 A numerical simulation method for predicting global and local hydroelastic response of a ship based on CFD and FEA coupling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Marine Structures	6. 最初と最後の頁 368-386
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.marstruc.2018.02.009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kazuhiro Iijima, Rika Ueda and Masahiko Fujikubo	4. 巻 9
2. 論文標題 Numerical Investigation Into Uncertainty of Wave-Induced Vibration of Large Container Ships due to Ship Operation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of ASME OMAE2017, Trondheim, Norway	6. 最初と最後の頁 V009T12A046
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1115/OMAE2017-62336	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tomoki Takami, Masayoshi Oka and Kazuhiro Iijima	4. 巻 7A
2. 論文標題 Study on Application of CFD and FEM Coupling Method to Evaluate Dynamic Response of Ship Under Severe Wave Condition	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of ASME OMAE2017, Trondheim, Norway	6. 最初と最後の頁 V07AT06A053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1115/OMAE2017-61553	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takami, T. and Iijima, K.	4. 巻 25
2. 論文標題 Numerical Investigation into Combined Global and Local Hydroelastic Response in a Large Container Ship Based on Two-way Coupled CFD and FEA	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Marine Science and Technology	6. 最初と最後の頁 346-362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s00773-019-00668-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takami, T., Iijima, K., and Jensen, J.J.	4. 巻 72
2. 論文標題 Extreme Value Prediction of Nonlinear Ship Loads by FORM Using Prolate Spheroidal Wave Functions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Marine Structures	6. 最初と最後の頁 102760
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2020.102760">https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2020.102760</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Takami, T., Komoriyama, Y., Ando, T., Ozeki, S., and Iijima, K	4. 巻 25
2. 論文標題 Efficient FORM Based Extreme Value Prediction of Nonlinear Ship Loads with an Application of Reduced Order Model for Coupled CFD and FEA	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Marine Science and Technology	6. 最初と最後の頁 327-345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/s00773-019-00667-8">https://doi.org/10.1007/s00773-019-00667-8</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takami, T., Komoriyama, Y., Ando, T., and Iijima, K.	4. 巻 9
2. 論文標題 Experimental Assessment of FORM Based Approach for Predicting Extreme Value Distribution of Hull Girder Bending Moment in a Ship	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the ASME 2019 38th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (OMAE2019)	6. 最初と最後の頁 V003T02A024
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1115/OMAE2019-95389">https://doi.org/10.1115/OMAE2019-95389</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ma C. and Iijima, K.	4. 巻 204
2. 論文標題 Nonlinear waves in a floating thin elastic plate, predicted by a coupled SPH and FEM simulation and by an analytical solution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ocean Engineering	6. 最初と最後の頁 107243
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107243">https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107243</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 飯島一博
2. 発表標題 Consequence Analysis of VLFS Collapse to Heavy Sea Loads
3. 学会等名 Design for Safety 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高見朋希
2. 発表標題 Extreme Value Prediction of Whipping Response of a Ship by FORM Based on Coupled CFD and FEA Simulations
3. 学会等名 SAROSS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鍋島里佳
2. 発表標題 Extreme Value Distribution of Combined Hull Girder and Double Bottom Bending Moments in a Container Ship by FORM
3. 学会等名 TEAM2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 馬沖
2. 発表標題 A Nonlinear Numerical Fluid-Structure Interaction Research for Hydro-Elastoplastic Behavior of VLFS
3. 学会等名 Hydroelasticity in Marine Technology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高見朋希
2. 発表標題 船体の局部構造応答を考慮した設計不規則波推定法
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会春季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高見朋希
2. 発表標題 CFD-FEA連成手法を用いた極限海象中の船体弾性応答評価について（第2報：強 連成法の構築）
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会春季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Rika UEDA, Kazuhiro IIJIMA, Masahiko FUJIKUBO
2. 発表標題 The Effect of Heavy Weather Avoidance and Speed Reduction on Long-term Vertical Bending Moment Taking Account of Whipping Response
3. 学会等名 TEAM2017, Osaka (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hirohito NISHIDA, Rika UEDA, Kazuhiro IIJIMA, Masahiko FUJIKUBO
2. 発表標題 Real-Time Estimation of Structural Deformation of Large Ships for Navigation Decision Support
3. 学会等名 TEAM2017, Osaka (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Chong Ma, Kazuhiro Iijima, Masayoshi Oka
2. 発表標題 Fully Nonlinear Numerical Simulation of Fluid-Structure Interaction based on Smoothed Particle Hydrodynamics and Structural Finite Element Method
3. 学会等名 TEAM2017, Osaka (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuki KADOKAMI, Kazuhiro IIJIMA, Masahiko FUJIKUBO
2. 発表標題 Experiment Design for Collapse Behavior of Large Container Ship under Slamming-Induced Whipping Load
3. 学会等名 TEAM2017, Osaka (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tomoki TAKAMI, Masayoshi OKA, Kazuhiro IIJIMA
2. 発表標題 Development of CFD and FEA coupling method and its application to hydro-elastic response estimation
3. 学会等名 TEAM2017, Osaka (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Luis DE GRACIA, Naoki OSAWA, Kazuhiro IIJIMA, Toichi FUKASAWA
2. 発表標題 A Study on the Stochastic Characteristics of Wave Load Sequences including Whipping Vibrations in a Container Ship
3. 学会等名 TEAM2017, Osaka (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高見朋希, 岡正義, 飯島一博
2. 発表標題 CFD-FEA連成手法を用いた極限海象中の船体弾性応答評価について
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会秋季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 郷田健人, 飯島一博, 馬沖, 藤久保昌彦
2. 発表標題 水線上の形状変更による浮体構造に作用する漂流力低減に関する研究
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会秋季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 馬 沖, 岡 正義, 飯島 一博
2. 発表標題 A Fluid-Structure Interaction Research based on Smoothed Particle Hydrodynamics and Structural Finite Element Method
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会春季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 C. Ma, M. Oka, K. Iijima
2. 発表標題 Fully Nonlinear Numerical Simulation of Fluid-Structure Interaction based on Smoothed Particle Hydrodynamics and Structural Finite Element Method
3. 学会等名 3rd DualSPHysics Users Workshop (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高見朋希、飯島一博
2. 発表標題 CFD-FEA 連成解析に基づくホイッピングを含む 縦曲げモーメントの極値予測法の開発
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会春季講演会論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takami, T and Iijima, K.
2. 発表標題 On the Assessment of Extreme Wave-induced Bending Moment of a Ship by FORM and Reduced Order Method Based on Coupled CFD and FEA
3. 学会等名 Proceedings of PRADS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Pal, S.K., Ohno, S. and Iijima, K.
2. 発表標題 An Efficient Method for Prediction of the Tail of Probability of Exceedance of Vertical Bending Moment in a Ship Based on Nonlinear Time-Domain Simulation
3. 学会等名 ISOPE2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	藤久保 昌彦  (Fujikubo Masahiko)  (30156848)	大阪大学・工学研究科 ・教授    (14401)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	馬 冲 (Ma Chong)  (30773197)	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・その他部局等・研究員  (82627)	
研究分担者	高見 朋希 (Takami Tomoki)  (50586683)	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・その他部局等・研究員  (82627)	
研究分担者	辰巳 晃 (Tatsumi Akira)  (60736487)	大阪大学・工学研究科 ・助教  (14401)	