

令和 3 年 5 月 4 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01357

研究課題名（和文）波浪中での耐航・操縦性能及び構造連成応答に関する次世代実用計算法の開発研究

研究課題名（英文）An advanced practical calculation method for maneuvering in waves, seakeeping performance, and structural responses of ships

研究代表者

柏木 正（KASHIWAGI, Masashi）

大阪大学・工学研究科・教授

研究者番号：00161026

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 31,900,000円

研究成果の概要（和文）：波浪中での船舶耐航・操縦性能に関する次世代実用計算法を開発・検証するために、約340個のFBG圧力センサを用いて船体表面上での波浪中非定常圧力分布の計測を世界で初めて実施した。それによって、細長船理論、ランキンパネル法、CFD手法による計算精度を比較検討するとともに、波浪中での圧力増加を実験的に求め、抵抗増加分布特性を明らかにした。さらに船側波形分布の計測データと同期させることにより、非線形影響を考慮した船体長手方向の波浪荷重分布について論じた。また波浪中による定常流体力を考慮した操縦運動シミュレーション手法を提案し、波浪中旋回航跡における計測値との違いの原因究明とその解決法について論じた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

波浪中での船体表面上非定常圧力分布を知ることは、船体に働く流体力や船体運動を正確に計算するためのベースであり、実海域でのエネルギー効率に優れた船舶の開発に繋がる。その非定常圧力分布の計測を約340個の光ファイバー超小型圧力センサを用いて世界で初めて成し遂げた。それによって波浪中抵抗増加や非線形波浪荷重の空間分布特性について幾つかの新しい知見を得たが、それらは波浪中で抵抗の少ない安全・安心な船舶の設計に繋がる。さらに波浪中での船舶の操縦運動をより正確に推定できる手法を提案・検討したが、その成果は波浪中での船の制御方法や航行に必要なエンジンの最低出力を知ることにつながる。

研究成果の概要（英文）：To develop and verify a next-generation practical calculation method for the seakeeping and maneuvering performance of a ship in waves, measurement of the unsteady pressure distribution on the ship's hull surface was conducted using 340 FBG pressure sensors for the first time in the world. With obtained data, the calculation accuracy in the slender-ship theory, Rankine panel method, and CFD method was compared. Furthermore, the added pressure in waves was experimentally obtained and characteristics of the spatial distribution of added resistance were discussed. By synchronizing with the data of ship-side wave, the wave load distribution in the ship's longitudinal direction was obtained and nonlinear effects were discussed. Also proposed was a maneuvering-motion simulation method that takes account of wave-induced steady forces, and reasons of the difference from measured values and improvement in the turning trajectory of a ship in waves were examined.

研究分野：船舶耐航性能，船舶操縦性能，流体・構造連成

キーワード：船舶耐航性能 船体表面圧力分布 圧力増加分布 抵抗増加 波浪中操縦運動 波浪荷重 縦曲げモーメント 流体・構造連成

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

実海域におけるあらゆる条件下での船舶の耐航・操縦・推進性能並びに流体・構造連成応答を実用的な計算で且つ高精度に推定できるようにすることは、これまで並びに今後の船舶流体力学研究における主要な研究テーマである。波浪が関係するこの種の研究は、船舶耐航性分野としてストリップ法に始まる比較的長い歴史があるが、最近の10～15年間くらいは研究の進展が停滞気味であり、数値流体力学(CFD)手法による大規模数値計算が主流になる傾向はあるものの、特筆すべき進歩は見られない。その理由の一つは、過去の理論的研究成果を知った上で大規模数値計算を行っている研究者が少ない、言い換えれば過去の研究成果が上手く継承されていないからと考えられる。例えば、波浪中での抵抗増加の研究では、どのような物理現象によってどのような抵抗増加成分が有り、それらがどの程度重要なのかをこれまでの理論的研究で理解してこそ、大規模数値計算結果を合理的に解釈でき、安全で高性能な船の設計に生かすことができるし、工学的に真に必要な新しい数値計算手法を開発することができる。

研究代表者のグループは、主に最近の10年間、細長船理論であるEUT (Enhanced Unified Theory) や自由表面ランキンパネル法をコア計算法とし、波浪中での船舶の運動・推進性能に関する殆ど全ての項目を学術的に高いレベルで予測・評価できる「実海域船舶性能評価システム」(RIOSシステム)を構築、改良してきた。また計算法の信頼性の検証として、船体運動、抵抗増加のみならず、船体横断面での圧力分布、自由表面上非定常波形の計測を幾つかの船型、載荷状態、波向き(向波、追波)に対して行い、実験結果のデータベースを整備してきた。さらに周波数領域ランキンパネル法や時間領域グリーン関数法を用いた流体・構造連成応答に関する計算プログラムの開発も現在行っているが、これらをもっと発展させ、実用的で十分に高精度の結果を出すことができ、且つ物理現象の考察を半解析的に行うことができる「次世代実用計算法」を開発する必要がある。

また最近、船舶のエネルギー効率設計指標(EEDI)を満たすことが要求されており、そのためにエンジン出力を下げて運航することによって燃料の消費、二酸化炭素の排出を抑える傾向があると言われている。しかし、必要以上にエンジン出力を下げると波浪中で船舶が航行できなくなることから、波浪中での船舶の操縦運動を正確に計算することにより、波浪中で要求されるエンジンの最低出力を正しく推定できることが求められている。その現状を鑑み、流体力学的に説得力のある方法によって、波浪中での船舶の耐航性能・操縦性能を統一的に取り扱うことのできる「次世代実用計算法」を開発する必要がある。

2. 研究の目的

実海域を航行する船舶のエネルギー効率設計指標(EEDI)を正確に計算するために、波浪中での船舶耐航性能・操縦性能を流体力学的に合理的な方法で統一的に取り扱う新しい計算法、並びに大型船の安全設計に資するための流体・構造連成応答に関する次世代実用計算法を開発し、それによって実海域船舶性能評価システムを世界トップレベルに高度化させる。そのために、研究代表者・分担者らのこれまでの研究実績を集大成させながら、(1)ランキンパネル法によって流体力への周波数影響、非線形影響を考慮した波浪中船舶耐航・操縦性能に関する次世代実用計算法、(2)時間領域ランキンパネル法及びCFD手法による流体・構造連成応答解析法の開発と確立、更に計算精度の検証を目的とした(3)船体表面圧力分布、過渡弾性応答など多項目同時計測の水槽実験を行う。

3. 研究の方法

本研究での目的・目標を実現するためには、計算プログラムの開発や数値解析だけではなく、計算結果・精度の検証や実際の物理現象の観察を行うための実験的研究を効果的に連携させて行う必要がある。また、信頼性の高い予測・評価システムとして結実させるためには、検討・検証項目も、これまでの規則波中での船体運動、抵抗増加に加えて、船体表面圧力分布、衝撃波に対する過渡的弾性変位、不規則波中の短期予測など、波浪中での船舶性能の検討に必要なとされる殆ど全てを対象として研究を行うことになる。

これらの研究目標を念頭に置きながら、本研究では以下のことを研究期間内に実行する。

- (1) 全ての周波数領域・波向きに対して適用可能な自由表面ランキンパネル法によって、流体力に対する周波数影響を考慮し、さらに波浪による定常流体力・モーメントをも組み込んだ任意外力に対する船体運動方程式を求める。それによって波浪中での船舶操縦運動を時間領域で計算できるようにする。
- (2) 計算結果の検証、物理現象の考察のために、波浪による船体表面圧力分布、船体運動、定常流体力などを水槽実験によって計測する。その結果と数値計算結果を比較し、数値計算法の改良にフィードバックさせる。
- (3) 将来の研究の方向性を見越し、CFD手法(有限差分法、有限要素法)による大規模数値計算によって上記の波浪中耐航・操縦運動、流体・構造連成応答に対応する計算を行い、実用計算法の構築に必要な研究項目の抽出を行う。この研究を実行するための数値計算コードとし

て、九州大学応用力学研究所で開発された RIAM-CMEN やコマーシャルコード FINE/Marine を用いる。

4. 研究成果

2017 年度の研究成果：

(1) 船体表面に貼り付けるタイプの FBG (Fiber Bragg Gratings) 圧力センサーの改良版を 234 個使い、これまでの研究で用いてきた RIOS パルク船模型に働く線形非定常圧力の船体表面分布を求めた。今回は、定常航走による船側波形と静止水線面との間にも FBG センサーを 12 個貼り付け、非定常圧力の時間平均値と定常航走時の定常圧力との差(圧力増加)の船体表面上分布も求めた。これは波浪中抵抗増加の物理現象を圧力レベルで理解するための貴重なデータであり、世界で初めて実験的に得られたものである。

(2) 上記の船体表面圧力分布と重量分布を用いると、ある横断面での波浪荷重(剪断力、曲げモーメント)も計算することができ、それは、従来の分割模型を用いた水槽実験に代わる新たな研究方法を提供する。そのことを実証するために、計測された圧力分布から縦曲げモーメントを求め、ランキンパネル法による計算結果と比較検討した。

(3) 波浪中での船舶操縦運動における波浪影響として最も重要な流体力は、波浪中抵抗増加、定常横力、定常回頭モーメントの精度良い算定であるので、それに関して EUT (Enhanced Unified Theory) による計算結果と水槽実験結果を比較し、その考察や数値計算法の詳細などを中心としたジャーナル論文を執筆した。

(4) 高次境界要素法と時間領域グリーン関数法を用いて、前進しながら動揺する弾性浮体に働く流体力、応答を計算する研究を継続して行った。高次境界要素法では、自由表面に非常に近いパネル上でのグリーン関数の積分が必要となるが、その解析的な積分が可能であることを示した。

2018 年度の研究成果：

(1) 船体表面に貼り付けるタイプの FBG (Fiber Bragg Gratings) 圧力センサーの改良版を 333 個使い、RIOS パルク船模型に働く線形非定常圧力の船体表面分布を求めた。波浪中抵抗増加の分布を求めることに焦点を当てて、静止水線面上にも FBG センサーを 70 個貼り付け、非定常圧力の時間平均値と定常航走時の定常圧力との差(圧力増加)の船体表面上分布、ならびにそれから抵抗増加の分布を求めた。これは波浪中抵抗増加の物理現象を圧力レベルで理解するための貴重なデータであり、世界で初めて実験的に得られたものである。その成果は 2019 年 5 月に開催された国際会議では招待講演を行った。

(2) 上記で得られた船体表面圧力分布と重量分布を用いると、ある横断面での波浪荷重(剪断力、曲げモーメント)も計算することができるが、それを実証するために、計測された圧力分布から縦曲げモーメントを求め、ランキンパネル法による計算結果と比較検討した。また、時刻歴から直接波浪荷重を求め、非線形影響に関する研究を進める予定である。

(3) 波浪中での操縦運動における波浪影響として最も重要な流体力は、波浪中抵抗増加、定常横力、定常回頭モーメントの精度良い算定であるので、それらの精度が船の波浪中旋回航跡にどの程度影響するのかを数値的に調べた。また、舵直圧力への波浪影響についても調べ、時間変化がゆっくりとした操縦運動では、波浪の影響は平均化されて殆ど影響ないことを確認した。

(4) 大振幅波浪中での船体運動は非線形性がどの流体力係数に原因があるのかを実験的に調べ、流体力の非線形性をモデル化し、その妥当性を検討した。

2019 年度の研究成果：

(1) FBG (Fiber Bragg Gratings) 圧力センサーの数を船首フレア部分において昨年度から更に増やし(船体片側 343 個)、RIOS パルク船模型に働く船体表面圧力分布の非線形時刻歴を計測した。この圧力分布の計測結果を用いて、今年度は特に縦曲げモーメントの非線形性に焦点を当て、サギング・ホギングモーメントの最大値の船体長手方向分布を実験値のみから求めた。これは世界で初めての成果である。また CFD によって実験に対応する数値計算を行い、サギング・ホギングモーメントにおける非線形特性が実験結果とほぼ一致していること、前進速度影響によって縦曲げモーメントが最大となる横断面位置が船体中央より船首側へシフトすること、などを明らかにした。これらの研究成果は国際ジャーナル論文として投稿した。

(2) 波浪中での船舶操縦性能に関する新しい計算法に関する研究では、波浪中での旋回運動に関する計測結果と計算結果の比較・考察から、船の波浪中旋回航跡に大きな影響を与えるのは波浪による定常横力であり、しかも現状の定常横力の計算法には横流れの影響が考慮されていないためであることが分かった。それを EUT (Enhanced Unified Theory) による理論計算法の枠内で実用的に計算する方法について検討し、その妥当性を確認するために、水槽実験によって定常流体力への横流れ影響を調べた。

(3) CFD 手法による大規模数値計算に関する研究では、超高並列性を有する新しい CFD 手法に関する研究を行った。まず、これまで開発してきた直交格子法について並列計算機での計算効率を向上させた。次に、流体・構造連成解析に対する次世代 CFD ソルバーの開発を目指して、計算効率と計算精度の向上が両立できる高次精度 Flux Reconstruction 法に関する研究を行い、そ

の性能を比較した。

2020 年度の研究成果：

(1) 斜波中での実験が難しかったので、今年度は RIOS コンテナ船を対象とし、向い波中での船側波形の計測と、FBG 圧力センサーを 340 個船体片舷に貼付して非定常圧力分布の計測を行った。それらから得られた波浪中での圧力増加分布と昨年度までに計測された RIOS バルク船に対する圧力増加分布を比較し、波浪中抵抗増加空間分布に対する船型影響について調べた。平水中での定常航走波形近傍での圧力増加が支配的であることに変わりはないが、コンテナ船では船速が速いために、抵抗増加に寄与する圧力増加の分布領域が船体の長手方向に伸びたようになっていることが特徴であることを見出した。

(2) 水槽実験で得られた船体表面での圧力分布を Enhanced Unified Theory (EUT) での計算結果と比較すると、船首部で顕著な違いがあることが確認できた。その原因は、船体形状が船体長手方向に急変する船首バルバスパウ付近では、定常流れに対する一様流近似、ならびに横断面内の 2 次元ラプラス方程式近似とすることに問題があり、3 次元計算法を用いるべきであることを示唆した。

(3) 波浪中での操縦運動、特に定常旋回航跡に大きな影響を与えるのは波浪による定常横力であることが分かっているので、それに関する計算法の妥当性を検証するために、船体運動固定状態に対して、模型船固定装置と流体力計測システムを改良することによって計測精度を格段に高めた水槽実験を行った。その結果を数値シミュレーション法に反映して波浪中操縦運動に対する横流れ影響について論じた。

研究成果の紹介：

(1) 波浪中での船体表面上の非定常圧力分布を実験で計測することは、世界初の画期的な試みであり、これによって耐航性能に関する各種の数値計算法の妥当性を検証するための実験データが提供できるだけでなく、波浪中抵抗増加の船体表面上分布を実験的に知ることができ、それによってどの部分の圧力増加がどのように抵抗増加に効いているのかなど、これまでとは違う流体力学的な考察を行うことができる。それを実現できるのが FBG (Fiber Bragg Gratings) 圧力センサーである。これは図 1 に示すように薄さが 0.6mm で、全体の大きさも 1cm 以下の小さなセンサーである。非常に細い光ファイバー内に刻み込まれた回折格子が Bragg 波長と言われる特定の波長の光のみを反射し、残りは透過させるため、センサーの感圧部に働く圧力によって回折格子の間隔

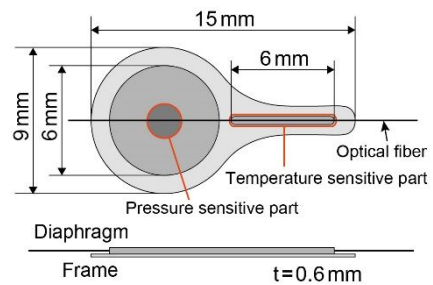


図 1 FBG pressure sensor

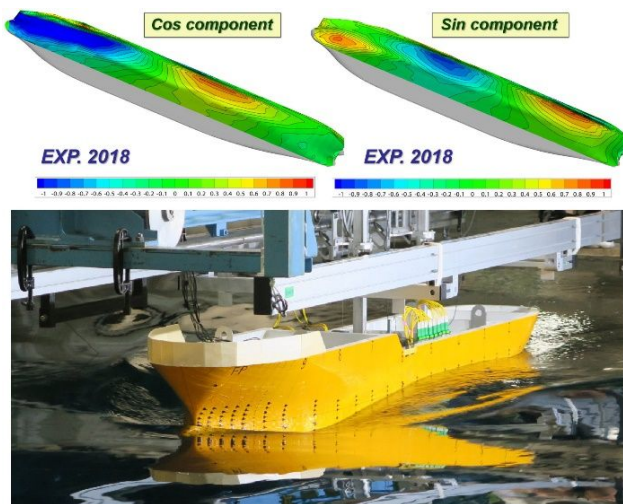


図 2 波浪中での船体表面圧力分布の計測実験

が微妙に伸縮するときに変化する波長を計測すれば圧力を知ることができるというわけである。この FBG 圧力センサーを約 340 個用いた計測を 2018 ~ 2019 年は RIOS バルク船、2020 年は RIOS コンテナ船を用いて行った(図 2 参照)。水温と気温の差が大きくなると計測結果がばらつくなどの問題点を解消するため各種の改良を重ねながら計測値に対する信頼性を高めてきた。

得られた計測データを用いて、船体表面圧力分布の積分値が直接計測による流体力とほぼ一致していることなどを確認した後、波振幅の 2 乗に比例する非線形圧力増加と波浪中抵抗増加との関係や縦曲げモーメントの船長方向分布などについて研究を行った。また、数値流体力学 (CFD) の手法に基づく実験に対応した数

値計算も実行し、抵抗増加分布や縦曲げモーメント分布における非線形性などについて多くの価値ある知見が得られた。しかし、これらの計測実験は全て向い波中で行ったものであるため、波浪中操縦運動の計算で重要となる波浪による定常横力や回頭モーメントに寄与する非定常圧力分布のデータは得られていない。それらを求めるためには斜波中での計測を行う必要があり、それが可能な角水槽を有する研究機関との共同研究を模索してきたが、未だ実現できていない。斜波中で船体運動がフリーの時の非定常圧力分布の計測、ならびに波浪による定常流体力・モーメントの計測は今後の重要な研究課題である。

(2) 波浪中での操縦運動シミュレーションに関する研究では、十分な計算精度を保ちながらも短い計算時間で波浪中での船の操縦運動をシミュレーションできる実用計算法の開発を目標として、”two time-scale method”を用いた数値計算法を構築した。すなわち、波の短い周期 (high frequency) で応答する surge, heave, pitch の船舶耐航性計算と比較的長い周期 (low frequency) でゆっくり変化する船の操縦運動を基本的に分けて計算するが、図 3 のように、それぞれの計算で不可欠な物理量だけ情報交換しながら計算における時間ステップを進めるという緩い連成計算 (weakly coupling) を行った。耐航性 (Sea keeping) では、波浪による船体運動で誘起される時間平均値としての抵抗増加 (X_W)、定常横力 (Y_W)、定常回頭モーメント (N_W) を Enhanced Unified Theory (EUT) で計算し、それらを操縦運動計算における外力として与える。操縦

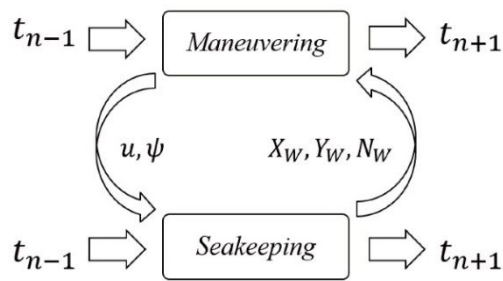


図 3 Feedback two time-scale method

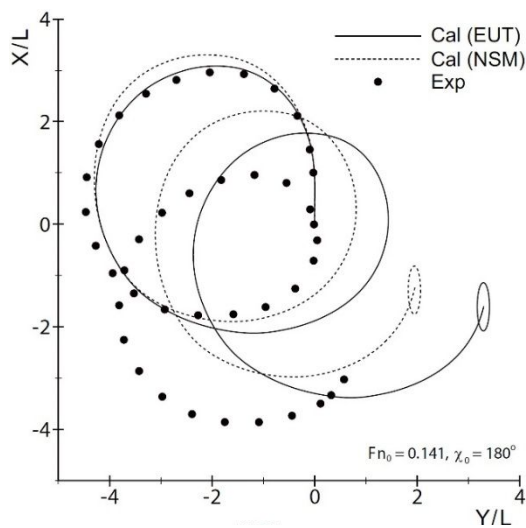


図 4 Turning trajectory of a ship in wave

性 (Maneuvering) 部分では、外力と操舵によって変化する船速、方位角、船体位置を MMG モデルという平水中での操縦運動計算法を用いて計算し、それらから時間ステップ Δt 後に変化した波の相対的な入射角、船速、出会い周期などを用いて耐航性計算を行うという手法である。

計算例と計測データとの比較例を図 4 に示す。これは波長・船長比が $\lambda/L = 0.5$ 、初期船速 (フルード数) が $F_n = 0.141$ の場合であるが、波による定常流体力の影響を受けて波下側へ流されている。しかし、その巡回航跡において計算と実験に違いが見られ、その主な原因は波浪による定常横力の推定精度が不十分であることによる。その点を改善すべく、巡回中での船の横流れ角の影響を考慮した波浪による時間平均定常流体力の数値計算法の開発、その妥当性を検証するための水槽実験なども実施した。その成果は近日中に論文として発表する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計34件（うち査読付論文 34件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Masashi Kashiwagi	4. 巻 Vol.65, No.2
2. 論文標題 Enhanced Unified Theory with Forward-Speed Effect Taken into Account in the Inner Free-Surface Condition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Ship Research	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5957/JOSR.04200028	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 Masashi Kashiwagi, Yang Hong and Kyeonguk Heo	4. 巻 Vol.36
2. 論文標題 Ship Hydroelasticity Analysis with Timoshenko-Beam Approximation Using Legendre and Chebyshev Polynomials	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of 36th International Workshop on Water Waves and Floating Bodies	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Yingyi Liu, Peiwen Cong, Shigeo Yoshida, Ying Gou and Masashi Kashiwagi	4. 巻 207
2. 論文標題 Enhanced Endo's approach for evaluating free-surface Green's function with application to wave-structure interactions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ocean Engineering	6. 最初と最後の頁 No.107377
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.oceaneng.2020.107377	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 Chen Chen, Kenji Sasa, Teruo Ohsawa, Masashi Kashiwagi, Jasna Prpic-Orsic, Takaaki Mizojiri	4. 巻 101
2. 論文標題 Comparative assessment of NCEP and ECMWF global datasets and numerical approaches on rough sea generation for ship navigation based on numerical simulation and shipboard measurements	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Ocean Research	6. 最初と最後の頁 No.102219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apor.2020.102219	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 Kurniawan T. Waskito, Masashi Kashiwagi, Hidetsugu Iwashita, Munehiko Hinatsu	4. 巻 101
2. 論文標題 Prediction of Nonlinear Vertical Bending Moment Using Measured Pressure Distribution on Ship Hull	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Ocean Research	6. 最初と最後の頁 No.102261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apor.2020.102261	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 Masashi Kashiwagi, Hidetsugu Iwashita, Kurniawan Waskito and Munehiko Hinatsu	4. 巻 35
2. 論文標題 Prediction of Wave Loads with Measured Unsteady Pressure Distribution on Ship-Hull Surface	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of 35th International Workshop on Water Waves and Floating Bodies	6. 最初と最後の頁 77-80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Yang Hong, Masashi Kashiwagi and Kyeonguk Heo	4. 巻 Vol. 4
2. 論文標題 Numerical Calculations of Wave-Induced Hydroelastic Response of a Ship with Forward Speed Using Legendre Polynomials as Mode Functions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of 30th International Ocean and Polar Engineering Conference	6. 最初と最後の頁 3537-3543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Kyung-Kyu Yang, Masashi Kashiwagi and Yonghwan Kim	4. 巻 Vol.32, No.5
2. 論文標題 Numerical Study on Ship-Generated Unsteady Waves Based on a Cartesian-Grid Method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Hydrodynamics	6. 最初と最後の頁 953-968
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42241-020-0012-6	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 Kyeonguk Heo and Masashi Kashiwagi	4. 巻 217
2. 論文標題 Numerical study on the second-order hydrodynamic force and response of an elastic body - in bichromatic waves	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ocean Engineering	6. 最初と最後の頁 No. 107870
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.oceaneng.2020.107870	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 Eva Loukogeorgaki and Masashi Kashiwagi	4. 巻 85
2. 論文標題 Minimization of Drift Force on a Floating Cylinder by Optimizing the Flexural Rigidity of a Concentric Annular Plate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Ocean Research	6. 最初と最後の頁 136-150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apor.2019.02.001	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 該当する

1. 著者名 Masashi Kashiwagi, Hidetsugu Iwashita, Soma Miura and Munehiko Hinatsu	4. 巻 34
2. 論文標題 Study on Added Resistance with Measured Unsteady Pressure Distribution on Ship-Hull Surface	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 34th International Workshop on Water Waves and Floating Bodies	6. 最初と最後の頁 81-84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Kurniawan T. Waskito and Masashi Kashiwagi	4. 巻 38
2. 論文標題 Improvement of Wave Loads Estimation Using Spatial Pressure Distribution on Ship Hull	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 38th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Masakazu Taguchi and Masashi Kashiwagi	4. 巻 38
2. 論文標題 Experimental Study on a Relation between Nonlinear Hydrodynamic Forces and Wave-induced Ship Motions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 38th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Ardhana Wicaksono and Masashi Kashiwagi	4. 巻 3
2. 論文標題 Efficient Coupling of Slender Ship Theory and Modular Maneuvering Model to Estimate the Ship Turning Motion in Waves	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 29th International Ocean and Polar Engineering Conference	6. 最初と最後の頁 4632-4639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Yasushi Kitagawa and Masashi Kashiwagi	4. 巻 29
2. 論文標題 A Strip-Theory Method Including n_x -Related Terms and Its Effects on Propeller Inflow Velocity in Waves	5. 発行年 2019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 39-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Kyeonguk Heo and Masashi Kashiwagi	4. 巻 93
2. 論文標題 A Numerical Study of Second-order Springing of an Elastic Ship Using Higher-order Boundary Element Method (HOBEM)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Ocean Research	6. 最初と最後の頁 101903(1-16)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apor.2019.101903	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 Hidetsugu Iwashita and Masashi Kashiwagi	4. 巻 Vol. 33
2. 論文標題 An Innovative EFD for Studying Ship Seakeeping	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of 33rd International Workshop on Water Waves and Floating Bodies	6. 最初と最後の頁 85-88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Takahito Iida and Masashi Kashiwagi	4. 巻 Vol. 849
2. 論文標題 Small Water Channel Network for Designing Wave Fields in Shallow Water	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 90-110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2018.355	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 Eva Loukogeorgaki and Masashi Kashiwagi	4. 巻 Vol. 3
2. 論文標題 Hydroelastic Analysis of an Annular Flexible Floating Plate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of 28th International Ocean and Polar Engineering Conference	6. 最初と最後の頁 61-68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Kyeonguk Heo and Masashi Kashiwagi	4. 巻 Vol. 3
2. 論文標題 Numerical Investigation of Second-order Hydroelastic Response for the Flexible Floating Body	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of 28th International Ocean and Polar Engineering Conference	6. 最初と最後の頁 69-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Takeshi Hara and Masashi Kashiwagi	4. 巻 -
2. 論文標題 Analytical Integration of Time-Domain Green Function over a Panel on Ship Hull Close to the Free Surface	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of 13th International Conference on Hydrodynamics (ICHHD)	6. 最初と最後の頁 20-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Mari Ohtaki and Masashi Kashiwagi	4. 巻 -
2. 論文標題 Wave Loads Evaluated from Measured Unsteady Pressure Distribution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of 13th International Conference on Hydrodynamics (ICHHD)	6. 最初と最後の頁 222-231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Yusuke Ito and Masashi Kashiwagi	4. 巻 -
2. 論文標題 Study on Added Resistance Using Measured and Computed Pressure Distributions on a Ship Hull	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of 13th International Conference on Hydrodynamics (ICHHD)	6. 最初と最後の頁 251-260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Takefumi Higaki, Abbas Khayyer, Masashi Kashiwagi and Jong-Chun Park	4. 巻 -
2. 論文標題 Hydroelastic Slamming Simulations by a Fully-Lagrangian coupled MPS Method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of 8th International Conference on Hydroelasticity in Marine Technology	6. 最初と最後の頁 115-124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Kyeonguk Heo and Masashi Kashiwagi	4. 巻 -
2. 論文標題 Numerical Analysis for the Second-order Springing of Flexible Body in Head Waves	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of 8th International Conference on Hydroelasticity in Marine Technology	6. 最初と最後の頁 157-166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Soma Miura and Masashi Kashiwagi	4. 巻 -
2. 論文標題 Unsteady Pressure Distribution on Ship-Hull Surface Measured by FBG Pressure Sensors and Computed by Rankine Panel Method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of 8th PAAMES and AMEC 2018	6. 最初と最後の頁 441-447
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Keisuke Umazume and Masashi Kashiwagi	4. 巻 -
2. 論文標題 Capture Width and Directivity of Maximum Wave Energy Extracted by an Array of Vertical Cylinders	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of 8th PAAMES and AMEC 2018	6. 最初と最後の頁 488-493
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Masashi Kashiwagi	4. 巻 Vol.32
2. 論文標題 Enhanced Unified Theory with Forward-speed Effect in the Inner Free-surface Condition	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of 32nd International Workshop on Water Waves and Floating Bodies	6. 最初と最後の頁 93-96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Masashi Kashiwagi	4. 巻 Vol.27, No.2
2. 論文標題 Hydrodynamic Interactions of Multiple Bodies with Water Waves	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Offshore and Polar Engineering	6. 最初と最後の頁 113-122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17736/ijope.2017.jc710	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 Jie Zhang and Masashi Kashiwagi	4. 巻 Vol.3
2. 論文標題 Application of ALE to Nonlinear Wave Diffraction by a Non-wall-sided Structure	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of 27th International Ocean and Polar Engineering Conference	6. 最初と最後の頁 461-468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Kenji Sasa, Odd Magnus Faltinsen, Li-Feng Lu, Wataru Sasaki, Jasna Prpic-Orsic, Masashi Kashiwagi, Takuro Ikebuchi	4. 巻 Vol.142
2. 論文標題 Development and validation of speed loss for a blunt-shaped ship in two rough sea voyages in the Southern Hemisphere	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ocean Engineering	6. 最初と最後の頁 577-596
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.oceaneng.2017.07.029	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 該当する

1. 著者名 Jie Zhang and Masashi Kashiwagi	4. 巻 Vol.25
2. 論文標題 Application of ALE to Nonlinear Wave Radiation by a Non-wall-sided Structure	5. 発行年 2017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 109-121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Ardhana Wicaksono and Masashi Kashiwagi	4. 巻 -
2. 論文標題 Wave-induced steady forces and yaw moment of a ship advancing in oblique waves	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Marine Science and Technology	6. 最初と最後の頁 Open Access
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00773-017-0510-6	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 Zhigang Zhang, Guanghua He, Masashi Kashiwagi and Zhengke Wang	4. 巻 Vol.71
2. 論文標題 A quasi-cloaking phenomenon to reduce the wave drift force on an array of adjacent floating bodies	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Ocean Research	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apor.2017.11.011	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 該当する

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Kantaro Suzuki, Masashi Kashiwagi
2. 発表標題 Estimation of local hydrodynamic forces by Enhanced Unified Theory
3. 学会等名 上海交通大学・大阪大学の学術交流セミナー (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yohei Konishi, Masashi Kashiwagi
2. 発表標題 Study on added pressure and resistance using experimental and numerical pressure distribution on ship hull
3. 学会等名 船舶海洋工学における自由表面流体力学に関する国際研究交流セミナー (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北川泰士, 塚田吉昭, 柏木 正
2. 発表標題 ストリップ法における nx 影響項が前後揺れと波浪中プロペラ流入速度変動に与える影響
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会春季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柏木 正
2. 発表標題 非定常波形解析による波浪中抵抗増加に関する流体力学的研究
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所RIMS共同研究「非線形波動現象の数理とその応用」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hong Yang and Masashi Kashiwagi
2. 発表標題 Numerical Calculation Method for Hydroelastic Response of a Ship with Forward Speed in Waves Using Orthogonal Mathematical Mode Functions
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会秋季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kyeonguk Heo and Masashi Kashiwagi
2. 発表標題 Numerical Study on the Second-Order Hydrodynamic Force of an Elastic Body - in bichromatic waves
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会秋季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasushi Kitagawa
2. 発表標題 A New Strip-Theory Method Including Effects of Longitudinal Direction Component of Normal Vector on Body Surface
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 伊藤勇介
2. 発表標題 船体非定常圧力分布の測定による波浪荷重の推定
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 田口正和
2. 発表標題 波浪中船体応答と動的流体力における非線形影響に関する実験的研究
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会秋季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masashi Kashiwagi
2. 発表標題 Numerical Calculation of Ship Hydroelasticity Using Enhanced Unified Theory
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会秋季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kyung-Kyu Yang
2. 発表標題 Numerical Analysis on Wave-Induced Pressure Distribution on Advancing Ship Surface
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会秋季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eva Loukogeorgaki
2. 発表標題 Hydroelastic Analysis of an Annular Flexible Floating Plate
3. 学会等名 International Society of Offshore and Polar Engineers (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kyeonguk Heo
2. 発表標題 Numerical Investigation of Second-order Hydroelastic Response for the Flexible Floating Body
3. 学会等名 International Society of Offshore and Polar Engineers (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田隼基
2. 発表標題 波浪中船体運動と流体力における非線形影響に関する実験的研究
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 柏木 正
2. 発表標題 FBGセンサによる船体表面での波浪変動圧分布の計測
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 三木真理子
2. 発表標題 波浪中で自由動揺する円柱のクローキングと波エネルギーの吸収について
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 Kyung-Kyu Yang
2. 発表標題 Numerical Study on Unsteady Pressure Distribution and Wave Pattern of Ships in Head Waves
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 田中隆太
2. 発表標題 大振幅波浪中における船の流力弾性応答の非線形影響について
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

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Masashi Kashiwagi	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Osaka University, Department of Naval Architecture and Ocean Engineering	5. 総ページ数 506
3. 書名 Wave-Body Hydrodynamic Interactions, Selected Papers from the Publications of Masashi Kashiwagi	

〔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	岩下 英嗣 (IWASHITA Hidetsugu) (60223393)	広島大学・工学研究科・教授 (15401)	
研究分担者	胡 長洪 (HU Changhong) (20274532)	九州大学・応用力学研究所・教授 (17102)	

	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
研究協力者	伊藤 勇介 (ITO Yusuke)	大阪大学・工学研究科・大学院学生 (14401)	
研究協力者	田口 正和 (TAGUCHI Masakazu)	大阪大学・工学研究科・大学院学生 (14401)	
研究協力者	檜垣 岳史 (HIGAKI Takefumi)	大阪大学・工学研究科・大学院学生 (14401)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	三浦 颯馬 (MIURA Soma)	大阪大学・工学研究科・大学院学生 (14401)	
研究協力者	小西 陽平 (KONISHI Yohei)	大阪大学・工学研究科・大学院学生 (14401)	
研究協力者	森田 光稀 (MORITA Koki)	大阪大学・工学研究科・大学院学生 (14401)	
研究協力者	梅尾 雅道 (UME0 Masamichi)	大阪大学・工学研究科・大学院学生 (14401)	
研究協力者	三浦 一樹 (MIURA Kazuki)	大阪大学・工学部・学部学生 (14401)	
連携研究者	飯島 一博 (IIJIMA Kazuhiro) (50302758)	大阪大学・工学研究科・教授 (14401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------

韓国	ソウル大学			
フランス	Ecole Centrale de Nantes			