

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06960

研究課題名（和文）パラメトリック励振を利用した波力発電システムに関する研究

研究課題名（英文）Study on wave energy converters based on auto-parametrically excited oscillations

研究代表者

井関 俊夫（ISEKI, TOSHIO）

東京海洋大学・学術研究院・教授

研究者番号：70212959

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、マシュー型不安定と呼ばれる非線形パラメトリック自励振動現象を利用して、波力発電システムの高効率化を図ることを目的としている。波浪発電ブイの2自由度運動（上下揺と縦揺れ）を対象として、一方の動揺モードから運動エネルギーを得て、もう一方の復原力を変動させる研究を行った。一連の模型実験において、突然発生する大振幅動揺現象が確認されたため、マシュー型不安定に基づくパラメトリック励振現象として説明できるかどうかを理論的に解明し、波浪発電として利用するために、パラメトリック励振状態を持続させるための指針を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題では、波力発電システムにおける大振幅動揺の発生と消滅を時間領域で研究し、マシュー型不安定と呼ばれる非線形パラメトリック自励振動現象として理論的に説明できることに成功した。さらに、波力発電システムとして利用するために、大振幅動揺を長時間継続して発生させる制御方法開発への指針を与えた。この指針は、あらゆる浮体式波力発電装置に応用できる点で非常に優れたものであり、今後の波力発電の高効率化のみならず、再生可能エネルギー分野の発展にも大きく貢献することが期待される。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research work is to improve the efficiency of wave energy converter systems by utilizing the nonlinear auto-parametrically excited oscillation called Mathieu-type instability. For the coupled motions of pitch and heave of a spar-buoy type point absorber, the kinetic energy was transferred from the heave mode to the pitch mode and used to fluctuate the restoring moment. In some experiments, it was observed that the large pitch motion occurred suddenly, and it was theoretically examined whether it could be explained as the nonlinear auto-parametrically excited oscillation based on Mathieu-type instability. Finally, in order to utilize the phenomenon for wave energy converters, the method to make the phenomenon sustainable was considered.

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：波力発電 浮体動揺 スパー型ブイ パラメトリック励振 マシュー方程式

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

温室効果ガスの排出削減を目的として、世界中で自然エネルギー利用に向けた研究が行われている。洋上における自然エネルギーとしては、洋上風力発電が現在最も有力とされているが、波力発電、潮流・海流発電、海洋温度差発電等についても実海域実証実験が多数行われている。我が国においても、2018年に「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律」が閣議決定され、現在、6県8海域に海洋再生可能エネルギー実証フィールドが設定され、各種の実証実験が行われている。

本研究課題で対象としている波力発電は、振動水柱型、動揺浮体型、越波型の3種類に分類することができるが、浮体運動を機械的にエネルギーに変換する動揺浮体方式が波力発電システムとしては最も有力であると見られている⁽¹⁾(例えば Fig.1)。この方式において高い発電効率を目指すためには、予め設置する海域の波浪状況を調査し、最も発現頻度の高い波と同調するように設計する必要がある。しかしながら、最も一般的なポイント・アブソーバ(Point absorber)と呼ばれる形式(例えば Fig.2)では、浮体の同調周波数が海洋波の周波数より高く、その帯域も比較的狭いため、海象条件によっては常に高い発電効率を得られるとは限らない。このような問題を克服するために、浮体動揺に対して位相制御を行う方法が幾つか提案されており、その中で画期的な方法の一つとして、ラッチ・コントロール(phase control by latching)が精力的に研究されている。これは、動揺する浮体を動揺周期のある瞬間において一時的に拘束し、波との位相差を変化させることによって準同調状態を作り出すものである。近年では二重浮体方式においてその実用性が示されるようになってきている。

一方、波力発電を離れて、海洋プラットフォームとしての浮体に注目すると、スパー・ブイ(spar-buoy)方式が海洋観測や海底油田開発を目的としたプラットフォームに多く採用されている。スパー・ブイ型プラットフォームは鉛直方向に細長い円柱状の形状をしており、排水量に比べて小さな水線面積を有することにより、上下揺れの固有周波数が非常に小さくなっている。これによって、スパー・ブイ型プラットフォームは一般的な海洋波とは同調しないため、安定したプラットフォームと考えられている。しかしながら、長周期波と稀に同調し、過大な上下揺れを起こすのみならず、縦揺れとの間でパラメトリック自励共振現象を起こすことが知られている。パラメトリック励振とは、動揺の復原力が周期的に変動する場合、その運動方程式はマシュー方程式(Mathieu's equation)で記述され、復原力の変動周波数が動揺周波数の2倍である場合、一揺れ毎に動揺振幅が増大していく、いわゆるマシュー型不安定に陥る現象である。

研究代表者は2005年に日本船舶海洋工学会「IMO 復原性基準の機能要件化のための転覆リスク評価研究委員会」に参加し、パラメトリック横揺れの模型実験結果に対して高次スペクトル解析と時変スペクトル解析を適用し、大振幅横揺れ発生時の特徴を明らかにした⁽²⁾。この時はパラメトリック励振の発生防止が主目的であったが、一方で、その動揺エネルギーを回収できれば、同時に減揺効果も期待でき、省エネにつながる非常に有益なシステムになるとの着想を得た。その後、科学研究費補助金による支援を受けて、模型実験を通して数多くの知見を得ることができた⁽³⁾。まず、規則波中ならびに不規則波中において、ブイの浮力を周期的に増減させることにより、パラメトリック励振を誘起できることをシミュレーション計算によって示した。さらに、スライディング・バルブ型の動揺制御システムを装備したスパー・ブイ模型(Fig.3)を製作し、実証実験を行った。しかしながら、工作技術等の問題により、パラメ



Fig.1 Pelamis2 (Scotland)
(Pelamis Wave Power)



Fig.2 CETO 6 (Australia)
(Carnegie Wave Energy)

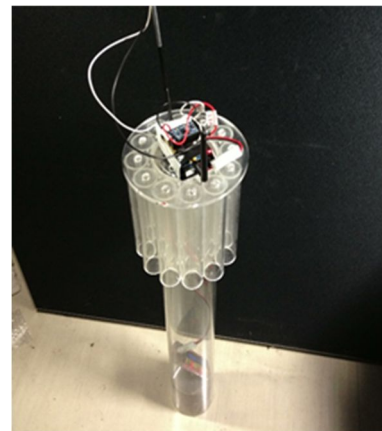


Fig.3 Spar-buoy model

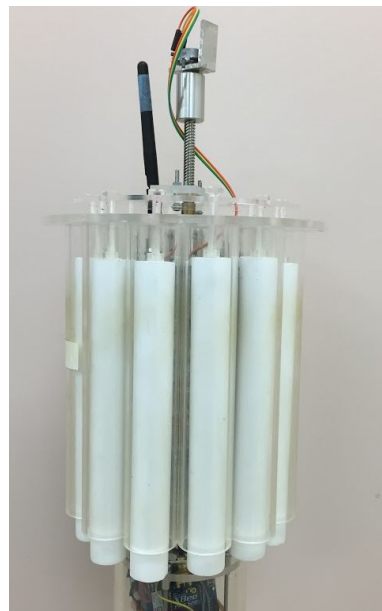


Fig.4 movable floating column controlled by a ball screw mechanism.

トリック励振を誘起する実証実験は成功には至らなかった。その後、東京海洋大学海洋工学部教育研究プロジェクトの支援を受け、動揺制御システムを浮体移動方式(Fig.4)に変更した結果、エネルギー消費はあるものの、動力を用いた復原力制御によって、ブイの上下揺振幅が1次同調時の振幅よりも増加していることを確認した^(4,5)。しかし1自由度運動では、復原力を変化させるためにエネルギーを必要とし、投入したエネルギー以上のエネルギーを回収することは不可能であることが明らかとなり、マシュー型不安定に基づくパラメトリック励振現象を波力発電に応用するためには、新しい発想が必要であることが分かった。

【この節の参考文献】

- (1) 黒崎明：波からエネルギーを生み出す、日本船舶海洋工学会誌, KANRIN, 第 31 号, pp.18-19,(2010).
- (2) Prediction Methods for Parametric Rolling with Forward Velocity and Their Validation - Final Report of SCAPE Committee (part 2) -, H. Hashimoto, N. Umeda, Y. Ogawa, H. Taguchi, T. Iseki, N. Toki, G. Bulian, S. Ishida and A. Matsuda, Proceedings of the 6th OSAKA Colloquium on Seakeeping and Stability of Ships (OC2008), p.265-275, (2008).
- (3) 浮体式波力発電システムの高効率化に関する基礎的研究(研究課題番号 23560966),平成 23 年度～平成 25 年度科学研究費補助金(基盤研究C)研究成果報告書, (2014).
- (4) Dynamic Control of Oscillation Characteristics of a Spar-buoy, Toshio Iseki, Maritime Technology and Engineering – Guedes Soares & Santos (Eds), Vol.2, CRC Press, Taylor & Francis Group (London), P.1243-1250, (2015).
- (5) Optimization Method for Oscillation Characteristics of a Spar-buoy, Toshio Iseki, Proceedings of the ASME 2014 33rd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (OMAE2014-23223), p.1-7, (2014).

2. 研究の目的

本研究では、パラメトリック自励振動現象を利用して、波力発電システムの高効率化を図ることを目的としている。以前の研究課題では、スパー・ブイ型プラットフォームの発想を逆転し、マシュー型不安定を積極的に利用した浮体動揺のパラメトリック励振による最大化を実験的に試みた。しかしながら、1自由度運動においては、復原力を変化させるために投入したエネルギー以上のエネルギーを回収できないことが判明したため、本研究課題では、2自由度運動(上下揺と縦揺れ)を対象として、一方の動揺モードから運動エネルギーを得て、もう一方の復原力を変動させる研究を行う。一連の模型実験において、突然発生する大振幅動揺現象が確認されたため、マシュー型不安定に基づくパラメトリック励振現象として説明できるかどうかを検討するとともに、パラメトリック励振状態を持続させる手法を検討することとした。

3. 研究の方法

本研究課題における研究は、(1)ブイ模型の製作と水槽実験、(2)動揺制御システムの開発、(3)数値シミュレーション・プログラムの開発の3つに分けて行ったので、以下、それぞれについて述べる。

- (1) ブイ模型の製作と水槽実験：円柱状スパー・ブイ模型を製作する。一般的な浮体では、動揺周期が変更可能な運動モードは復原力が存在する上下揺れ、縦揺れ、横揺れの3つであるが、円柱状浮体では、縦横の区別は無いため、実質的に2つの運動モードとなる。動揺の固有周期は慣性力と復原力の比で決定され、浮体質量(慣性モーメント)は動揺中変更困難なので、復原力を調節する方法を採用している。本研究では、ブイ内部の可動バラストの垂直位置を変更し、縦揺れ固有周期を調節している。一方、上下揺れによってブイの没水部分が時々刻々変化すると、縦揺れ復原モーメントもそれと同時に変化するので、縦揺れ固有周期を上下揺れ固有周期の2倍に調節しておけば、マシュー型不安定の条件が成立する。
- (2) 動揺制御システムの開発：円柱状スパー・ブイ模型における実験では、上下揺れと縦揺れの2自由度連成運動を対象とし、バラスト制御システムを開発した。このバラスト制御システムはブイ模型内に搭載されており、バラスト、ステップモータ、ボールねじから構成されている。ボールねじはバラストを上下に移動させ、ブイの重心を変化させることができる。このメカニズムを使用して、縦揺れ固有振動数を上下揺れ固有振動数の1/2に調整し、マシュー型不安定条件を実現することができる。なお、これらの制御信号は制御用PCからワイヤレス伝送モジュールを介して行われる。規則波中での上下揺れ共振状態においてブイ模型の運動計測実験を実施し、縦揺れが瞬間的に発達する現象を多数確認した。マシュー型不安定性に基づくパラメトリック励振現象とは異なった励振パターンではあるが、各種理論的解析によって、マシュー型不安定性によるパラメトリック励振現象と一致することを証明した。また、波浪中における浮体動揺応答の不確定性を調査し、離散フーリエ変換、相関(B-T)法、統計(MAR)モデルのそれぞれの方法によって動揺のクロス・スペクトル解析結果を比較検討した。さらに、運動特性の実時間同定に関する研究も行った。
- (3) 数値シミュレーション・プログラムの開発：突然発生する大振幅動揺現象を理論的に説明するために、計測された上下加速度と縦揺れ角の時系列データを用いて、復原力曲線(GZカーブ)上に時々刻々の動揺状態をプロットし、マシュー型不安定を理論的にシミュレ

トすることを試みた。さらに、調和平衡法による安定性解析を時間領域に拡張応用し、大振幅動揺の発生と消滅を理論的にシミュレートすることを試みた。

4. 研究成果

(2017年度)

- (1) スパー・ブイ型波力発電システムの2自由度運動を研究対象とするために、新しいスパー・ブイ模型の製作を行った (Fig.5)。ブイ本体に上下移動可能なパラストを配置し、縦揺れ固有周期を自由に变更し、上下揺れとのパラメトリック励振発生の特性を明らかにする実験を行った。これらの結果を論文にまとめ、2018年8月開催予定の「海洋再生エネルギー研究に関する国際学会 CORE2018」に投稿した。
- (2) 上記の新型ブイ模型の内部には、ステッピングモータとボールスクリュウ機構を用いて、パラスト昇降装置を開発した (Fig.6)。この装置によって、スパー・ブイの上下揺れ固有周期を变更することなく、縦揺れ固有周期のみを变更することが可能となった。現段階では、外部からの制御信号によってパラストが上下するだけであるが、今後、上下揺れ加速度センサー等の信号を入力として、縦揺れ復原力のダイナミック制御システムに発展させることも可能である。
- (3) 先行研究(基盤研究C:23560966)後に行った1自由度実験結果から、1自由度のパラメトリック励振の波力発電応用は困難であるとの結論に達したため、その結果を「第36回海洋と極地工学に関する国際会議 OMAE2017」で発表するとともに、理論的なエネルギー回収率と不規則波中数値シミュレーション結果をまとめて、2018年5月開催予定の「第4回海事技術工学に関する国際会議 MARTECH2018」に投稿した。

(2018年度)

- (1) 昨年度「第4回海事技術工学に関する国際会議 MARTECH2018」に投稿した1自由度実験に関する論文を発表した。つづいて、新型ブイ模型による2自由度実験結果で明らかとなった(大振幅縦揺れが突然発生する)現象に対して、エネルギーの移動や動揺の位相関係の理論的説明を試み、その結果を日本船舶海洋工学会(推進・運動性能研究会)「海洋再生エネルギー研究に関する国際学会 CORE2018」,「船舶海洋工学における環境テクノロジーに関するワークショップ WETNAOE2018」で発表した。また、波浪強制力計測を行うための模型拘束装置を製作し (Fig.7)、東京海洋大学船舶運航性能実験水槽において規則波中波浪強制力計測実験を実施した。
- (2) 新型ブイ模型内部に搭載されているパラスト昇降装置を効率的に制御するための研究を行った。具体的には、波浪中における浮体動揺応答の不確定性を調査し、離散フーリエ変換、相関(B-T)法、統計(MAR)モデルのそれぞれの方法によって動揺のクロス・スペクトル解析結果を比較検討した。さらに、運動特性の実時間同定に関する研究も行った。これらの結果をまとめて、日本航海学会、アジア航海学会(ANC2018)で発表した。さらに、本手法を風圧下の船舶操縦性能推定に拡張応用したものを「第5回浅海および制限水域における船舶

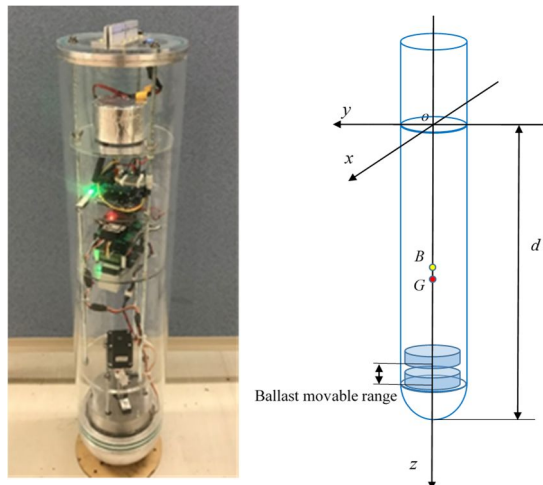


Fig.5 Spar-buoy model

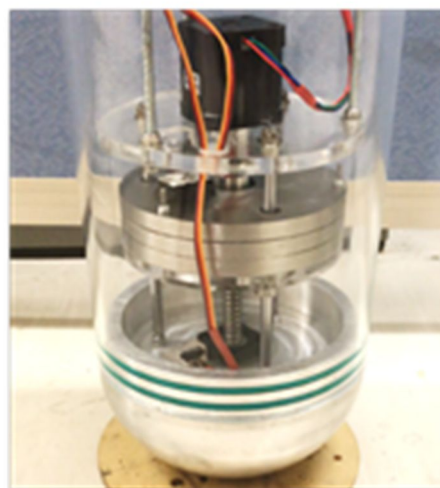


Fig.6 Ballast control system

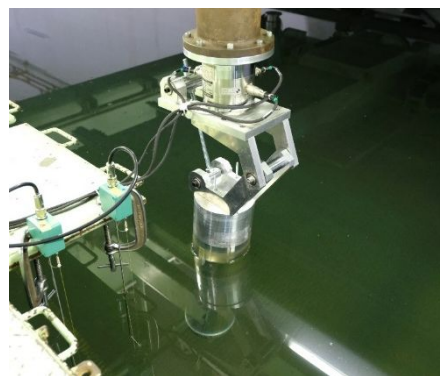


Fig.7 Captive model test in experimental wave tank.

操縦性に関する国際会議 MASHCON2019¹⁾、方向波スペクトルの実時間推定に応用したものを「第29回国際海洋極地工学会議 ISOPE2019」に投稿した。

- (3) 突然発生する大振幅動揺現象 (Fig.8) を理論的に説明するために、計測された上下加速度と縦揺れ角の時系列データを用いて、復原力曲線 (GZ カープ) 上に時々刻々の動揺状態をプロットし、マシュー型不安定を理論的にシミュレートすることを試みた。Fig.9 は、動揺開始後 12 秒から 15 秒 (Fig.8 四角枠内) における縦揺れ角と縦揺れ復原艇の関係を示している。図中の矢印と番号は時間経過を示しており、番号 1 と 2 の部分においてはマシュー型不安定の条件が成立しなくなり、Fig.8 の大振幅縦揺れが 15 秒付近で急速に減衰した原因であると考えられる。これらの結果をまとめて、2019 年 6 月開催予定の「第 38 回海洋と極地工学に関する国際会議 OMAE2019」に投稿した。

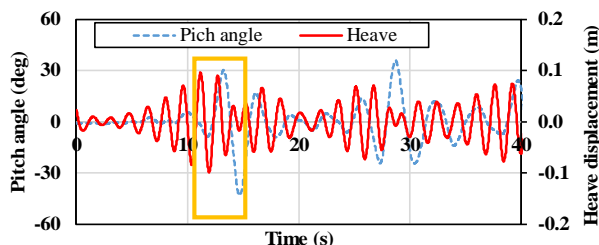


Fig.8 Measured time histories of pitch angle and heave displacement (ballast position = 30 mm).

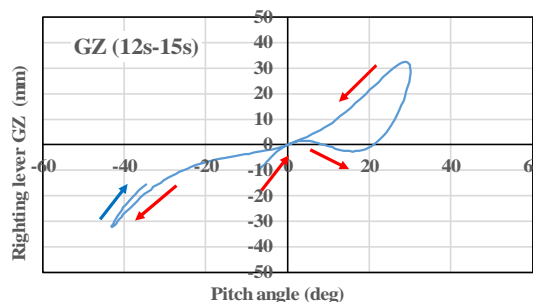


Fig.9 Relationship between pitch angle and righting lever GZ (ballast position = 30 mm).

(2019 年度)

- (1) 昨年度作成した模型拘束装置を用いた波浪強制力計測実験については、船舶運航性能実験水槽のフラップ式造波装置が故障したことにより、本年度における水槽実験は取りやめることとした。その代わりに、これまで得られた模型実験結果をあらゆる角度から解析する方針に切り替えた。その結果、マシュー方程式のスタビリティ・チャート上で動揺の安定性に関する知見を得ることができた (Fig.10 and 11)。
- (2) 「第 5 回浅海および制限水域における船舶操縦性に関する国際会議 MASHCON2019」ならびに「第 29 回国際海洋極地工学会議 ISOPE2019」に昨年度投稿した論文を発表した。なお、MASHCON2019 で発表した論文は査読員から国際ジャーナル Ocean Engineering への推薦を受け、Vol.190 に掲載された。
- (3) 「第 38 回海洋と極地工学に関する国際会議 OMAE2019」に昨年度投稿した論文を発表した。また、調和平衡法による安定性解析を時間領域に拡張応用し、大振幅動揺の発生と消滅を理論的にとらえることに成功したので、その結果をまとめて日本船舶海洋工学会に投稿し掲載された。

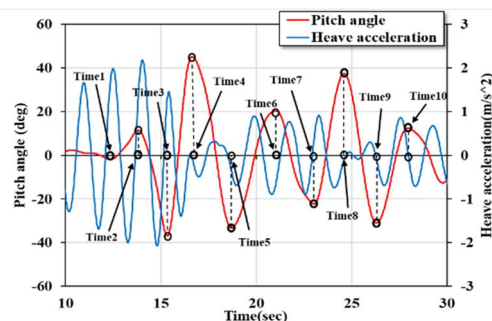


Fig.10 Extracted times in the repeated time history of heave and pitch motions.

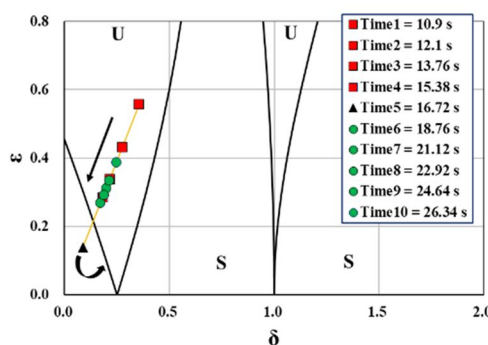


Fig.11 Stability analysis of buoy motions with experiment in time history.

本研究課題では、大振幅動揺の発生と消滅を時間領域で理論的にとらえることに成功した。したがって、大振幅動揺を長時間継続して発生させる制御方法開発への指針を与えることができたと考えられる。この指針は、あらゆる浮体式波力発電装置に応用できる点で波及効果は大きいと考えられ、今後の波力発電の高効率化のみならず、再生可能エネルギー分野の発展にも大きく貢献することが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Xu Peng, Iseki Toshio	4. 巻 30
2. 論文標題 Experimental Study on Parametrically Excited Oscillation of a Spar-Buoy Under Mathieu Instability	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers	6. 最初と最後の頁 97 ~ 103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2534/jjasnaoe.30.97	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 Iseki Toshio	4. 巻 190
2. 論文標題 Real-time estimation of the ship manoeuvrable range in wind	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ocean Engineering	6. 最初と最後の頁 106396 ~ 106396
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106396	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 Yanfei Hong, Toshio Iseki and Ulrik Dam Nielsen	4. 巻 -
2. 論文標題 The effect of short-term variability of cross-spectral analysis on wave buoy analogy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the Twenty-ninth (2019) International Ocean and Polar Engineering Conference (ISOPE2019)	6. 最初と最後の頁 1311-1318
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 Iseki Toshio, Xu Peng	4. 巻 -
2. 論文標題 Experimental Study on Coupled Motions of a Spar-Buoy Under Mathieu Instability	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 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1115/OMAE2019-95937	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 Toshio Iseki	4. 巻 -
2. 論文標題 Real-time estimation of the ship maneuverable range in wind	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 5th International Conference on Ship Manoeuvring in Shallow and Confined Water with non-exclusive focus on manoeuvring in waves, wind and current (MASHCON2019)	6. 最初と最後の頁 180-185
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 Peng Xu and Toshio Iseki	4. 巻 Part 2
2. 論文標題 Experimental Study on Oscillation Characteristics Of a Spar-Buoy Under Mathieu Instability	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Conference Proceedings of 3rd International Conference on Offshore Renewable-energy (CORE2018)	6. 最初と最後の頁 170-178
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 無
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 Toshio Iseki and Ulrik Dam Nielsen	4. 巻 6巻
2. 論文標題 Study on Short-term Variability of Ship Responses in Waves - II. - Examination of the correlation method -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本航海学会講演予稿集	6. 最初と最後の頁 176-179
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 無
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 Yanfei Hong, Toshio Iseki, Ulrik Dam Nielsen	4. 巻 C3-3
2. 論文標題 Short-term Variability of Cross-Spectral Analysis for Ship Responses in Waves	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of Asia Navigation Conference 2018 (ANC2018)	6. 最初と最後の頁 1-6
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 無
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 Toshio Iseki	4. 巻 -
2. 論文標題 Experimental study on auto-parametrically excited heaving motion of a spar-buoy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 4th International Conference on Maritime Technology and Engineering (MARTECH2018)	6. 最初と最後の頁 677-684
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 Iseki Toshio	4. 巻 -
2. 論文標題 Experimental Study on Dynamic Control of Oscillation Characteristics of a Spar-Buoy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the ASME 2017 36st 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) https://doi.org/10.1115/OMAE2017-61612	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10件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Yanfei Hong
2. 発表標題 The effect of short-term variability of cross-spectral analysis on wave buoy analogy
3. 学会等名 The Twenty-ninth (2019) International Ocean and Polar Engineering Conference (ISOPE2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshio Iseki
2. 発表標題 Experimental study on coupled motions of a spar-buoy under Mathieu instability
3. 学会等名 The ASME 2019 38th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (OMAE2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshio Iseki
2. 発表標題 Real-time estimation of the ship maneuverable range in wind
3. 学会等名 5th International Conference on Ship Manoeuvring in Shallow and Confined Water with non-exclusive focus on manoeuvring in waves, wind and current (MASHCON2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshio Iseki
2. 発表標題 Experimental Study on Auto-parametrically Excited Heaving Motion of a Spar-buoy
3. 学会等名 4th International Conference on Maritime Technology and Engineering (MARTECH2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 徐鵬
2. 発表標題 スパー型ブイのパラメトリック励振について
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会 第10回 推進・運動性能研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Peng Xu
2. 発表標題 Experimental Study on Oscillation Characteristics of a Spar-buoy Under Mathieu Instability
3. 学会等名 3rd International Conference on Offshore Renewable-energy (CORE2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshio Iseki
2. 発表標題 Study on Short-term Variability of Ship Responses in Waves - II. - Examination of the correlation method -
3. 学会等名 日本航海学会 第139回講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshio Iseki
2. 発表標題 Experimental Study on Oscillation Characteristics of a Spar-buoy under Mathieu Instability
3. 学会等名 Workshop on Environment Technologies in Naval Architecture and Ocean Engineering (WETNAOE2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yanfei Hong
2. 発表標題 Short-term Variability of Cross-Spectral Analysis for Ship Responses in Waves
3. 学会等名 Asia Navigation Conference 2018 (ANC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshio Iseki
2. 発表標題 Experimental Study on Auto-parametrically Excited Heaving Motion of a Spar-buoy
3. 学会等名 The ASME 2017 36th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (OMAE2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Guades Soares & Santos Eds	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Taylor & Francis Group (London)	5. 総ページ数 716
3. 書名 Progress in Marine Engineering and Technology	

1. 著者名 Guades Soares & Santos Eds	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Taylor & Francis Group (London)	5. 総ページ数 716
3. 書名 Progress in Marine Engineering and Technology	

〔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
研究協力者	ニールセン ウルリク ダム (Nielsen Ulrik Dam)	デンマーク工科大学・機械工学科・准教授	