

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01551

研究課題名（和文）3次元高速化渦法による海洋エネルギー利用装置の波浪中発電性能評価手法の開発

研究課題名（英文）Development of Evaluation Method for Power Generation Performance in Waves of Ocean Energy Utilization Devices Using 3D High-Speed Vortex Method

研究代表者

永田 修一（Nagata, Shuichi）

佐賀大学・海洋エネルギー研究所・特任教授

研究者番号：30404205

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,900,000円

研究成果の概要（和文）：浮体式の波力発電装置や洋上風力発電装置の性能評価を目的に、流速と渦度を未知量とした粘性流体の解析に、渦法を適用して、水面の非線形性、浮体表面から発生し、流体中に放出される渦の拡散影響を正確に考慮できる解析法の開発を行った。過去の文献を基に、流速と渦度を未知量とする粘性流体の厳密な境界条件を選定し、“渦度発生流束”を用いて、物体表面や自由表面からの渦度の発生や吸収を厳密に考慮する方法を提案した。3次元計算を通して、計算における課題についても考察した。また、計算法の検証のために、空気タービン付きの浮体式振動水柱型波力発電装置模型等を製作し、水槽実験を行うことにより有意な実験データを取得した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

波浪中の波力発電装置や、減揺装置を設置した浮体式洋上風力発電装置の最適設計を行うために、流体の粘性を考慮して、装置端部から生じる渦の発生と流体内部への拡散や、自由表面での渦の発生や吸収を正確に評価できる“3次元渦法に基づく浮体挙動解析手法”を提案した。流体境界位置での“渦度発生流束”を用いて、渦の発生や吸収を考慮する方法を示した。また、計算法の検証のために、波力発電装置模型に関する実験データも取得した。本研究で提案する解析法は、粘性影響の考慮が必要な浮体式海洋構造物の一般的な性能解析法となるものである。

研究成果の概要（英文）： In order to evaluate the performance of floating wave energy converters and offshore wind turbines, we have applied the 3D vortex method to the analysis of viscous fluids with fluid velocity and vorticity as unknown quantities, and proposed an analytical method that can accurately account for nonlinearities on free surface and diffusion effects of vortices generated from the floating body surface and released into the fluid. Based on previous literature, we selected rigorous boundary conditions for viscous fluids with fluid velocity and vorticity as unknowns, and proposed a method to rigorously account for vorticity generation and absorption at the body surface and free surface locations using “Boundary vorticity flux”. The problem in the 3D calculation was also considered. In order to validate the calculation method, a model of a floating oscillating water-column type wave energy converter with an air turbine was constructed, and significant experimental data were obtained.

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：波力発電 浮体式洋上風力発電 3次元渦法 発電性能 境界要素法 水槽実験

## 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化への危惧を背景として、海洋再生可能エネルギーである波浪エネルギー、洋上風力エネルギーを利用して発電する波力発電、洋上風力発電等の発電システムに関する研究開発と具体的な商用化プロジェクトが世界各所で進行している。わが国においても、現在、これらの発電システムの実用化を目指した大型プロジェクトが、経済産業省、NEDO、環境省の主導の下に進められている。申請者らは、現在、海洋再生可能エネルギーを利用する発電システムとして、i) 波浪エネルギーを空気エネルギーに変換してタービンを回転させ発電する浮体式の振動水柱型波力発電装置（後ろ曲げダクトブイ(BBDB)等)、ii) 浮体下部に減揺フィンを設置したスパー型浮体式風力発電装置を開発中である。これらの装置も含め、多くの海洋再生エネルギー利用装置の最適設計に関連して、以下のような共通の課題がある。

### ① 波浪中で浮体の没水端部から生じる渦の生成と拡散による流体エネルギー散逸量の評価

浮体式の洋上風力発電装置においては、浮体没水部にフィン等の付加物を設置して、浮体の動揺エネルギーをフィン周りの流体の渦エネルギーに変換することにより、浮体の動揺を低減する方法が多用される。また、波浪エネルギー吸収装置としての波力発電装置においては、可動物体型装置内の“運動する物体”や振動水柱型装置の“水中ダクト内の振動水柱”の固有周期を、入射する卓越波の周期に一致させ、“共振状態”を作ることにより発電量の向上を図る方法が採用される。このような共振状態では、浮体の運動は大振幅となるため浮体端部から生じる渦の生成と流体内への粘性拡散や、振動水柱の壁面摩擦による減衰等の流体の粘性に伴うダンピングが浮体運動や発電効率に大きく影響する。このような浮体式の洋上風力発電や波力発電のシステム設計においては、これまでの浮体構造物設計で常用された、“流体運動を非粘性の渦無し流れと仮定したポテンシャル理論に基づき計算を行い、浮体運動が大きくなる共振点近傍での粘性影響評価には実験値に基づいたモリソン式を用いる”という方法の適用は不相当で、流体の粘性影響や物体表面から発生する渦の影響を直接考慮できる3次元粘性流体解析法が必須である。

### ② 小容量計算機を用いた高速3次元粘性流体計算法の開発

上記のように、浮体式の振動水柱型波力発電装置に関する“波浪・空気流・浮体運動・タービン等の構成要素全体の一体性能解析や、浮体式洋上風力発電装置の風車・タワー・浮体等の構成要素全体の一体解析の実用化に当たっては、3次元粘性流体に関する時系列計算の高速化が必須で、経済的な面からは小容量計算機の使用が望まれる。

## 2. 研究の目的

本研究で対象とする波浪中の構造物の周りで振動する流れは、高レイノルズ数であり、計算では、物体表面の薄い境界層内部での渦の発生、発生した渦の流体中への拡散、物体からの渦の剥離等を正確に評価する必要があることから、粘性流体解析法として渦法を用いる。渦法は、流場の連続的な渦度分布を多数の微小渦要素によって離散的に表し、基本方程式の一つである渦度方程式を数値的に解き、流れに乗った渦要素の移動と拡散を追跡することにより、流場の時間的変化を計算するもので、各時刻で解くべき未知量は境界面上に限定され、境界要素法が適用できるため、有限要素法等の領域型解法に比べ、計算機容量の大幅縮減が可能である。

そこで、本研究では、近年、著しい発展をみせているものの、海洋分野には適用例が少ない渦法を用いて、流体を粘性流体として扱い、従来の計算法では困難とされていた、浮体から発生し、流体中に放出される渦の影響を正確に考慮して、3次元浮体構造物に作用する流体力、浮体運動及び周辺流場を求める高速3次元解析法を開発する。申請者らは、“流速と渦度を未知量とする渦法による2次元浮体構造物の非線形波浪中挙動解析法”を既に開発済であるが、3次元問題へ適用を考えると、物体表面や自由表面からの渦度の発生や吸収、流体内への渦度の拡散等について、もっと合理的な計算手法の開発が必要であるため、本研究では、これらの計算手法を提案する。

計算法の検証のためのデータ取得を目的に、実験も行う。まず、波力発電関係の実験としては、案内羽根付きの衝動型空気タービンを搭載した浮体式の振動水柱型波力発電装置 BBDB 模型やスパー型浮体形状を持つ振動水柱型波力発電装置模型を製作し、波浪中性能試験データを取得する。新型の空気タービンに関する風洞実験も行う。洋上風力発電用浮体の動揺低減に関しては、没水平板の強制加振実験等を行い、計算法の検証に用いる。

## 3. 研究の方法

### (1) 渦法を用いた大波浪中における3次元浮体の挙動解析法の開発

#### a) 計算法の概要

3次元渦法を用いて大波浪中における3次元浮体の高速挙動解析法を開発する。本計算法では、流速と渦度を未知量とする非圧縮性粘性流体計算の基礎式として3つの式を用いる。第一の式は、“有限の流体領域に関する Biot-Savart 式”で、流速に関する積分方程式である。第二の式は微分型表示の“渦度方程式”である。第三の式は、“ベルヌーイ関数に関する境界積分方程式”で、流体圧力を求める式である。これら三つの式は、Uhlman が非圧縮性粘性流体の基礎式として導いた三つの積分方程式をベースに、第一と第三の式はそのまま使用、第二の“渦度を求める積分方程式”については、この式を用いる代わりに、微分型

表示の“渦度方程式”を用いるものである。この渦度方程式の解法に、Viscous splitting 法 (Fractional step 法) を適用し、時間方向の1ステップの計算を、前半の Convection step と後半の Diffusion step の2段階で計算する。速度ベクトルの非回転成分計算を行う前半のステップでは、速度ポテンシャルに関する境界積分方程式に、非線形の自由表面条件、水底条件、浮体表面条件、波の放射条件を代入して解くことにより、時々刻々、移動する自由表面と浮体表面位置を追跡する。後半のステップでは、渦度の粘性拡散の計算を行う。計算の過程において、未知量は流体境界のみに存在するため、境界要素法が適用できることになり、計算機容量の大幅縮減が可能となる。

#### b) 物体表面や自由表面からの渦度の発生と吸収の数値モデルの作成

本計算法では、渦度に関しては粒子法の考え方を導入して、物体表面等で発生した渦は Blob モデルとして、流体内に放出し、粘性拡散させる。物体表面からの渦の発生法に関しては、これまで様々な方法が提案されているが、本研究では、まず、これらの物体表面からの渦発生法について、2次元問題を対象に実際に計算を行い、その計算精度について調べ、それらの3次元問題への適用可能性も含め、厳密な計算手法を提案する。また、申請者らのこれまでの研究では、自由表面では、非粘性、渦無しの境界条件を用いている。本研究では、自由表面位置で渦度の発生、吸収を考慮できる新しい計算手法を提案する。

#### (2) 計算法の検証のための実験データの取得

計算法検証のためのデータ取得を目的に、水槽実験、風洞実験を行う。まず、波力発電関係の実験として、案内羽根付きの衝動型空気タービンを搭載した浮体式の振動水柱型波力発電装置 BBDB 模型を製作し、波浪中発電性能実験を行い、波浪・係留系・空気流・浮体挙動・タービン等の構成要素に関する実験データを取得する。次に、スパー型浮体形状を持つ振動水柱型波力発電装置模型を製作し、波浪中性能実験を行なう。さらに、空気タービンの性能向上を目的に、新型の空気タービンに関する風洞実験も行う。洋上風力発電用浮体の動揺低減に関しては、没水平板の強制加振実験等を行い、計算法の検証に用いる。

### 4. 研究成果

#### 4.1 計算関係

##### (1) 2次元物体表面からの渦度の発生方法の検討

本計算法では、渦度方程式の解法に、Viscous splitting 法 (Fractional step 法) を用い、一時間ステップの計算を前半、後半の二つの計算ステップに分けて計算を行う。後半の計算ステップでは渦度方程式を対象に、渦度の粘性拡散計算を行う。粘性拡散の計算方法とその計算で用いられる物体表面からの渦の発生方法に関しては、これまで、様々な方法が提案されている。ここでは、まず、これらの方法の内、幾つかの有望な方法を用いて、円柱周りの一様流中にある円柱周りの流れ計算と水面下にある没水平板の強制鉛直運動に関する2次元計算を行い、その方法の有効性を調べ、3次元計算への適用可能性を探る。

a) 一様流中にある円柱周りの流れを対象に、①粘性拡散計算に Random-Walk 法、物体表面からの渦発生法に渦面要素法を用いる方法、②粘性拡散計算に Core-Spreading 法、物体表面からの渦発生法に、仮想境界層モデルまたは、渦層モデルを用いる方法、の合計3種類の方法を用いて計算を実施して実験結果と比較した結果、Core-Spreading 法と渦層モデルの組合せが良いことがわかった。

b) 自由表面下で上下方向に強制加振を受ける没水水平平板周りの流れと平板の上下方向に働く力を計算し、水槽実験結果と比較した。上記の結果から、粘性拡散計算には Core-Spreading 法、滑らかな物体表面からの渦発生法に渦層モデルを用いたが、これだけでは不十分で、物体角部からの渦発生モデルとして、Vorticity shedding model を追加して、滑らかな物体表面に関する渦層モデルとの併用法が良いことがわかった (図1、図2)。また、この計算モデルの使用で、波浪中の振動水柱型波力発電装置の挙動や一次変換性能が、実用レベルで精度良く推定できることがわかった。

##### (2) 現在の渦法計算における流体境界からの渦度の生成と流体領域への導入法の課題

2次元問題に対しては、粘性拡散の計算に Core-Spreading 法、物体からの渦度発生には、渦層モデルと Vorticity shedding model の併用法が、実用的な計算法として、具体的な問題に適用できるレベルにある。しかしながら、3次元問題への適用を考えると、申請者らの方法も含め、これまで提案されているすべての方法には、以下のような課題が残されている。

##### a) 物体表面からの渦度の生成

- 物体近傍の流速から流体内部へ渦度を導入するが、この流速は、ポテンシャル計算 (物体境界の接線方向の境界条件なし) の結果を用いている。
- 物体表面境界で、粘性流体としての流体圧力の物体接線方向勾配を厳密に考慮してい

ない。

b) 自由表面での渦度の生成と吸収

- 自由表面では、非粘性で渦無しと仮定して、ポテンシャル計算における境界条件を採用している。このため、自由表面での渦度の発生は無し、また、自由表面での、流体内部からの渦度の吸収も無しの仮定を採用している。

(3) 渦法計算における流体境界からの渦度の生成と流体領域への導入の新しい方法の提案

以上の課題を解決するために、過去の論文を基に、粘性流体の物体表面と自由表面位置での境界の法線方向と接線方向における境界条件を、渦度や渦層を用いて表現する方法について整理した。具体的には、自由表面や物体を仮想的な流体と考えた二相流体界面の境界条件を考え、これらの検討から、自由表面や物体表面等の界面からの渦の発生や吸収の表現に、渦度に関する界面の法線方向微分と流体の動粘性係数の積で定義される“渦度発生流束”を用いる方法が最も良いことがわかった。渦度発生流束は、粘性流体の運動量保存則の界面接線方向成分から導かれ、二相流体の界面接線方向流速に関する時間微分や界面接線方向の空間微分等で表されている (Brons (2014))。この表現には、物体表面での渦の発生・拡散の手法として過去に提案された Random-walk 法や PSE 法等で考慮されていなかった“界面接線方向の流体圧力勾配”が正確に考慮されているので、本研究では、界面での新しい渦の発生・吸収計算モデルの基本式として用いる。

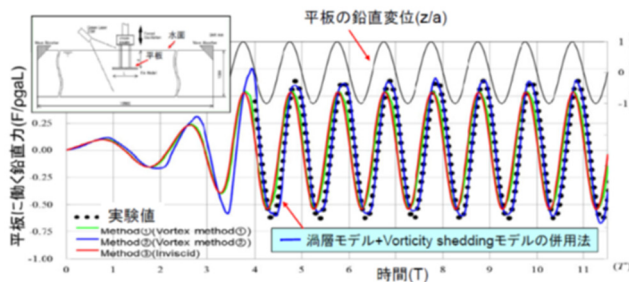


図1 没水平板に働く鉛直方向の流体力

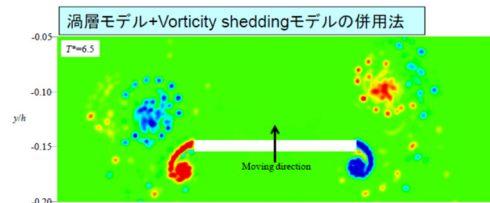


図2 平板周りの渦度分布

(4) 渦層表示を用いた Biot-Savart 式の提案

計算に用いる Biot-Savart 式の非回転部分は、湧き出しと二重湧き出しによる表現となっているが、界面の境界条件条件を“渦度フラックス”を用いて表現する場合、非回転部分を渦層で表現する方が便利であるので、3次元の Biot-Savart 式の非回転部分の渦層表示式を誘導した。この式の誘導において、物体表面位置では、流速に関する法線方向の境界条件だけでなく、接線方向の境界条件も厳密に満足させることができることを示した。

(5) 粘性流体の厳密な境界条件を考慮した 3次元渦法計算法の提案と計算

上記の検討を踏まえ、波浪中にある 3次元浮体構造物の挙動解析手法を示した。流体は粘性流体で、自由表面や物体表面での厳密な境界条件を考慮した方法で、原理的に、物体表面や自由表面での渦度の発生や流体内への粘性拡散、流体内にある渦度の自由表面での吸収等を考慮できる計算モデルとなっている。具体的には、前半の計算ステップでは、非粘性、渦有りの流体運動を対象とする。後半の計算ステップでは、3次元の渦度の拡散方程式の解法に Core-Spreading 法を用いるが、物体表面からの渦の発生には、渦度発生流束を介して行う。

具体的な計算は、自由表面を持つ 3次元タンク内に没水している物体を考え、このタンクが水平方向に強制加振される問題を対象とした。前半の計算ステップでは、Biot-Savart 式の渦層強さを未知量とした境界要素法解析を行うが、物体表面等の流体境界面の形状と渦層強さの表現に 2次の曲面要素を用いた。この計算から、曲面パネル上の 2方向の渦層強さの関係として、非回転の条件を考慮する必要がある等がわかった。また、後半の計算ステップでは、渦度の拡散方程式の解法に渦度発生流束を用いることを考慮して、粒子法をベースとする Core-Spreading 法を用いる代わりに、渦度の拡散方程式を、ラプラス方程式の基本解を利用する境界要素法を用いて解く方法を示した。

4.2 実験関係

本研究で開発している計算プログラムの検証データ取得を目的に、波力発電及び洋上風力発電に関して以下の実験を行った。

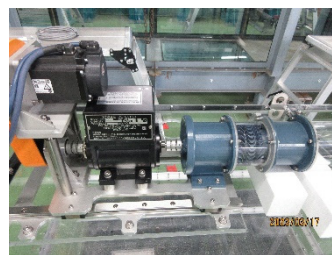
(1) 浮体式振動水柱型発電装置 BBDB の波浪中発電実験

申請者らは、浮体式の振動水柱型波力発電装置“後ろ曲げダクトブイ (BBDB)”の開発を行っている。申請者らが開発した“案内羽根付き衝動型空気タービン”を搭載した BBDB 模型を設計・製作した (図3、長さ 1.19m)。この装置は、造波水槽に係留設置して、波浪

中でタービンを強制回転させ、その変動トルクを計測した。波パワーから空気パワー、空気パワーからタービンパワーへの変換効率等を計測することができた。模型設計に当たっては、申請者らが開発済みの“波浪中の2次元BBDBの一次変換性能評価プログラム”と一次変換と空気タービンの二次変換のマッチング手法を用いて、最適効率を示す浮体形状・空気タービンサイズを選定している。波パワーからタービンパワーまでの変換効率の最大値として、25%程度が得られた。



(a) 模型全体



(b) タービン部模型

図3 浮体式振動水柱型波力発電装置 BBDB 模型

(2) スパー型浮体式振動水柱型波力発電装置の波浪中性能実験

申請者らが現在開発中のセイルウイング型空気タービンの負荷を、オリフィス負荷に置き換えたスパー型浮体式振動水柱型波力発電装置の模型(図4)を製作し、波浪中一次変換性能(波パワーから空気パワーへの変換効率)評価実験を行った。模型は実機の1/5で、長さ0.52mである。図5に、一次変換効率に関する実験結果を示す。図には、流体を非粘性非圧縮の渦無しと仮定した場合の計算値(ポテンシャル計算)も参考に示している。この計算では、空気室内の水面変動を抑えるためにレーリー摩擦を導入している。

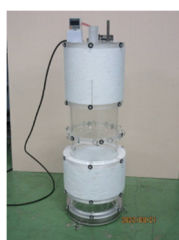


図4 スパー型浮体模型

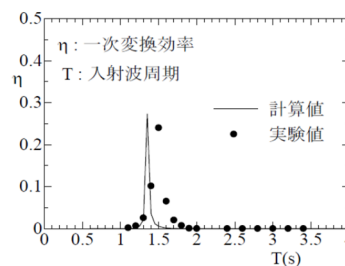


図5 一次変換効率に関する計算値と実験値の比較

(3) 風洞実験を用いた新型の空気タービンの性能実験

振動水柱型波力発電に搭載する新型の空気タービン(セイルウイング型(図6)、往復流型二重反転衝動タービン、中間羽根付き二重反転衝動タービン)に関する風洞実験を実施して、タービン効率等を計測した。



図6 セイルウイング型空気タービン

(4) 没水平板の強制加振実験

浮体式洋上風力発電装置の没水部に設置される水平減揺フィンを念頭に、水面下にある水平平板を上下方向に強制加振して、平板に働く上下方向の流体力を計測して、渦法計算結果と比較した(図1、図2)。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 T. Murakami, Y. Imai, S. Nagata and M. Takao	4. 巻 217
2. 論文標題 Effects of Air Chamber and Curtain Wall Geometries on Energy Conversion Performance in a Fixed Oscillating Water Column-Type Wave Energy Converter	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	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） 10.1088/1742-6596/2217/1/012069	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 Paresh Halder, Shuichi Nagata	4. 巻 -
2. 論文標題 Numerical Analysis of a Floating Body Pendulum Wave Energy Converter Using Vortex Method	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 OCEANS	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） 10.1109/OCEANSSChennai45887.2022.9775275	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 K. Kanetsuki, M. Takao, M. M. A. Alam, S. Okuhara, Y. Kinoue and T Setoguchi	4. 巻 -
2. 論文標題 An Impulse Turbine with Asymmetric Cascade for Wave Energy Conversion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Asian International Conference of Fluid Machinery	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 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 3件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 永田修一
2. 発表標題 海洋エネルギー利用技術の動向
3. 学会等名 一般社団法人日本船舶技術研究協会、技術開拓未来塾（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永田修一
2. 発表標題 海洋発電の実用化について
3. 学会等名 日本機械学会関東支部講習会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shuichi Nagata
2. 発表標題 Development Performance Evaluation Method for a Floating OWC-type Wave Energy Converter, "Backward Bent Duct Buoy"
3. 学会等名 International Seminar on Ocean Energy 2022, Institute of Ocean Energy Saga University（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金築光太郎, 高尾学, 奥原真哉, アラム アシュラフル, 木上洋一, 瀬戸口 俊明
2. 発表標題 非対称な翼列形状を有する波力発電用衝動タービンに関する研究
3. 学会等名 日本機械学会第99期流体工学部門講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永田 修一, 今井 康貴, 岡本 豊
2. 発表標題 自由表面を持つ粘性流体への渦法適用における境界条件に関する考察
3. 学会等名 第30回海洋工学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Koichiro Suto, Manabu Takao, Toi Ogawa, Shinya Okuhara, Navneet Kumar, M.M.A. Alam and Yoichi Kinoue
2. 発表標題 Experimental Investigation on Performance of Counter-rotating Impulse Turbine with Middle Vanes for Wave Energy Conversion
3. 学会等名 Proceedings of the 15th European Wave and Tidal Energy Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 周藤功一郎, 白石翔大, 高尾学, 奥原 真哉, アラム アシュラフル, 木上 洋一
2. 発表標題 波力発電用二重反転衝動タービンに関する研究, (性能に及ぼす回転数比の影響)
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部 第62期総会・講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 萩原 世也, 鐘江 安史, 出田 陸斗, 田中 智行, 武富 紳也, 只野 裕一
2. 発表標題 粒子法によるスパーク型洋上風力発電の揺動挙動解析
3. 学会等名 第28回計算工学講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 出田陸斗, 萩原世也, 田中智行, 武富紳也, 只野裕一
2. 発表標題 粒子法を用いたスパーク型洋上風力発電の減揺のための検討
3. 学会等名 日本機械学会 第35回計算力学講演会
4. 発表年 2023年



〔図書〕 計1件

1. 著者名 K. Kanetsuki, M. Takao, Y. Ito, S. Okuhara, M.M. Ashraful Alam, Y. Kinoue, T. Setoguchi	4. 発行年 2022年
2. 出版社 CRC Press	5. 総ページ数 6
3. 書名 Trends in Renewable Energies Offshore- Study on impulse turbine for bi-directional airflow with asymmetric cascade-	

〔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	高尾 学 (Takao Manabu)  (00332057)	松江工業高等専門学校・機械工学科・教授  (55201)	
研究分担者	石田 茂資 (Ishida Shigesuke)  (30360712)	佐賀大学・海洋エネルギー研究所・客員研究員  (17201)	
研究分担者	萩原 世也 (Hagihara Seiya)  (80198647)	佐賀大学・理工学部・教授  (17201)	
研究分担者	今井 康貴 (Imai Yasutaka)  (90284231)	佐賀大学・海洋エネルギー研究所・准教授  (17201)	

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
---------	---------