

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 4 月 8 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25249127

研究課題名(和文)ランキンパネル法の高度化による実海域船舶耐航性能計算システムの構築と実用化

研究課題名(英文) Establishment of a Prediction System for Seakeeping Performance of Ships in Actual Seas with Enhanced Rankine Panel Method and Its Practical Applications

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) 28,300,000円

研究成果の概要(和文)：周波数領域ランキンパネル法を、流体・構造連成解析を含む実海域船舶耐航性能計算プログラムでのコア計算法とするために、全ての周波数や速度ゼロを含む実用範囲の船速に対して高精度の計算ができるように高度化を図った。また、船体運動方程式における動的流体力に対する非線形性について実験的に調べ、heaveとpitchの連成流体力における非線形性が船体運動の非線形性に重要な役割を果たしていることを明らかにし、それを考慮した計算法について検討した。さらに、船体運動、抵抗増加、非定常波形などの計測と同時に、224個のFBG圧力センサーを用いた船体表面圧力の計測を行い、非定常圧力の船体表面分布を得ることに成功した。

研究成果の概要(英文)：In order to establish a Rankine panel method in the frequency domain as the core calculation method in the prediction system for seakeeping performance (including the fluid-structure coupled responses) of ships in actual seas, an intensive study was made for making the method applicable to a wide range of oscillation frequencies and forward speeds of a ship. Experiments have been also conducted to see the importance of nonlinearity in hydrodynamic forces acting on a ship and it was found that the nonlinearity in the cross-coupling hydrodynamic forces between heave and pitch plays an important role in the nonlinearity in ship-motion amplitudes around the resonant frequency. Furthermore, simultaneous measurements have been successfully made for obtaining the spatial unsteady-pressure distribution on the ship hull by use of 224 FBG-type pressure sensors, together with the measurement of wave-induced ship motions, added resistance, and unsteady wave pattern on the free surface.

研究分野：波浪中船舶耐航性能，浮体流体工学，流体・構造連成

キーワード：船舶耐航性能 ランキンパネル法 船体表面圧力 波浪中抵抗増加 弱非線形計算法 連成流体力 非定常波形 流体構造連成解析

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総合的な運動・推進性能を実用的な計算時間で、しかも高精度に推定できるようにすることは、船舶耐航性研究における主要テーマである。日本国内では、ストリップ法や細長船理論をベースとした計算システムが実用化されてから既に10年以上が経ち、最近の10年間では自由表面ランキンパネル法や数値流体力学(CFD)的手法を用いた3次元計算法の開発とその精度検証が行われてきた。さらに最近では、時間領域での弱非線形計算や、スラミング・靑波衝撃などの強非線形計算法に関する研究、船体の巨大化に伴って注目され始めた流体・構造連成に関する研究、非定常波形と波浪中抵抗増加の関係に関する研究、などが行われている。今後は、これらの計算法による計算精度を検証しながら、計算法に対する信頼性を高め、従来のストリップ法や細長船理論をベースとした計算システムに取って替わる次世代の新しい「実海域での船舶耐航性能予測・評価システム」として、総合化・実用化することが強く求められている。学術的に高いレベルの理論計算法を核とした性能予測・評価計算システムを実用化することによって世界の標準あるいはトップレベルの計算システムとすることができれば、日本の造船業の技術や建造船の品質に対するこれまでの信頼、いわゆる「日本プレミアム」を堅持・発展させることができるはずである。

学術的に研究・開発されてきた数値計算手法を統合化し、市販のソフトウェアとしてユーザーに提供することは、これまで営利企業を中心として行ってきており、アメリカのSAIC社によるLAMPなどが代表例である。またSWAN、WASIMなど、海外の大学や船級協会が提供しているソフトウェアもある。最近では韓国の造船会社とソウル大学との産学連携によるWISHプロジェクトも行われている。その点では日本はやや後塵を拝している感があるが、細長船理論であるEUTを計算システムの核とした実海域船舶性能研究イニシアティブ(RIOSプロジェクト)が大阪大学を中心として行われてきた。日本は船舶耐航性に関するこれまでの学術研究をリードしてきた国の一つであり、またその日本国内では、本研究課題の研究担当者である柏木および岩下は、船舶耐航性に関する理論、実験、数値計算のすべてにおいてリーダーの立場にあると認識している。

2. 研究の目的

日本独自で且つ学術的に世界トップレベルの研究成果を統合することにより、実海域船舶性能予測・評価システムを実用化させ、そのシステムを世界の標準とさせることを目標としている。

この目標の達成に向け、本研究課題を本格

的に始める前に、既に研究の一部は前倒してスタートさせていた。例えば、3次元数値計算法の計算精度を検証するために、船体運動、波浪中抵抗増加のみならず、船体表面での圧力分布、船側波形、自由表面上非定常波紋の同時計測予備実験を2012年9月に行った。また、非定常波紋と波浪中抵抗増加の計測結果から、線形ランキンパネル法による船首付近でのdiffraction waveの解像度が不足していることなども明らかになった。それらの結果を踏まえ、ランキンパネル法の高度化、すべての波浪パラメータに対する適用性・信頼性・安定性の向上を図り、新時代の船舶耐航性能予測・評価計算システムを構築することが本研究での目的・目標である。

3. 研究の方法

学術的に高いレベルの理論計算法を実用化させるためには、これまでに独自開発してきたランキンパネル法の改良・拡張や新しい計算手法とそれに基づく計算プログラムの開発などを中心とする数値解析的研究、並びに計算精度の検証や改良すべき問題点の抽出及び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、信頼性の高い計算システムとするためには、検討・検証項目も、圧力分布、波形、グローバル荷重、船体運動、抵抗増加、短期・長期予測など、船舶耐航性能において検討が必要とされる殆どすべてを対象とし、また幾つかの船型並びに実海域で遭遇する波浪パラメータのすべてに対して検証を行うことになる。

本研究の目的を達成するために、以下の研究課題を行う。

- (1) 高次要素を用いたランキンパネル法による船舶耐航性能計算プログラムの開発
- (2) 船舶耐航性評価に必要な多項目同時計測を可能にする水槽実験の実施
- (3) 実海域での船舶性能予測・評価システムの構築と検証
- (4) ランキンパネル法を用いた流体・構造連成解析法の実用化に関する研究
- (5) 時間領域非線形計算法の開発とその精度検証に関する研究

4. 研究成果

(1) 周波数領域でのランキンパネル法による計算プログラムを船舶耐航性能計算プログラムとして実用化させるために、全ての周波数や実用範囲の船速に対して高精度の計算ができるよう計算法の改良を行った。前進速度・動揺周波数が低い場合、外側の計算境界面から波の反射が起こり、妥当な計算結果が得られない問題を解決するために、解析的な放射条件を数値的に実現させる手法について種々検討した。また、船体から離れた場所で徐々に波を減衰させる仮想摩擦係数の導

入と従来のパネルシフト法を組み合わせた手法も検討し、その結果、全ての周波数・前進速度に対しても計算領域の外側境界面からの波反射が発生することなく、追波中や速度ゼロの場合でも精度良く問題なく計算できるようになった。

(2) ランキンパネル法をベースとした時間領域での弱非線形計算法の妥当性を検証するために、強制動揺の振幅を変えた流体力の計測実験、入射波振幅を変えた波浪強制力の計測実験を行い、動的流体力に対する非線形性の大きさについて調べた。また、その流体力を線形運動方程式に代入して船体運動を計算することにより、波浪中で直接計測した船体運動の結果が再現できるかどうかを検討した。それにより、波浪強制力や対角項と言われている heave ならびに pitch の付加質量や減衰力における非線形性はそれほど強くないが、heave と pitch の連成流体力における非線形性が船体運動の同調周波数付近での運動振幅に見られる非線形性に重要な役割を果たしており、その非線形性を考慮できる計算法の開発の必要性が明らかになった。

(3) 研究の初年度(平成 25 年度)は、大阪大学の RIOS プロジェクト研究でこれまでに製作したバルク船模型を使い、自由表面上での非定常波形、船側波形、船首近傍ならびに船体中央での船体表面圧力、船体運動、抵抗増加の多項目同時計測を正面規則波中で実施した。実験は、九州大学応用力学研究所の曳航水槽にて、大阪大学・広島大学の共同で行った。その計測結果と数値計算結果を比較し、diffraction 問題での非定常波形において大きな差があることを確認した。

平成 26 年度は、RIOS のバルク船模型とコンテナ船模型の両方を使い、バラスト(浅喫水)状態ならびに低速状態で、自由表面上での非定常波形、船側波形、船首近傍並びに船尾近傍での船体表面圧力、船体運動、抵抗増加の多項目同時計測を正面規則波中で実施した。対応する数値計算を細長船理論(EUT)、ランキンパネル法によって行って比較検討し、抵抗増加のピーク値にも実験と計算で差があり、運動振幅・位相の違いによって敏感に変化することを確認した。

さらに平成 27 年度は、RIOS バルク船型を使って向い波中ならびに追波中での船体運動、抵抗増加の計測と同時に、広範囲にわたる船体表面上での圧力の計測を重点的に行った。圧力計は従来型の歪ゲージ式圧力計と、船体表面に貼り付ける開発中の光ファイバー(Fiber Bragg Grating)センサーの両方を使い、精度・安定性などを確かめる実験を大阪大学・広島大学の共同で行った。対応する数値計算を細長船理論(EUT)、ランキンパネル法によって行い、追波中での計測結果も理論計算値と比較的良く一致していることを確認した。

最終年度は、昨年度の予備実験結果から、非定常圧力の計測における FBG 方式圧力センサーの信頼性が確認できたので、本実験として 224 個の FBG 式圧力センサーをバルク船模型の表面に貼り付け、224 点での圧力計測を同時に行い、計測結果の内挿によって船体表面での圧力分布を求めた。このような計測結果は世界で初めてであり、画期的な成果と言える。この実験は、大阪大学・広島大学の共同で行った。計測結果に対応する数値計算も、細長船理論(EUT)、ランキンパネル法によって行い、水面近くでの非線形性を除くと、全般的に非常に良く一致していることを確認した。

(4) 大型船舶流力弾性問題の解析手法の妥当性を検証するために、論文として公表されている前進速度無し浮体の弾性変形に関する実験値との比較を行った。その結果、弾性変形に伴う復原力を正確に行い、適度な構造減衰力の導入を行うことによって良い一致が得られることが分かった。それにより、ランキンパネル法を用いた流体・構造連成問題に対する数値計算手法を信頼性あるものにした。

ランキンパネル法を用いた数値計算手法を更に信頼性あるものにするために、平成 27 年度は時間領域グリーン関数法を用いた計算プログラムを前進速度がある場合に拡張させた。高次境界要素法を使うと水面に非常に近いパネル上での積分を行うことになるが、その際に計算精度が悪くなり、結果的に発散することを確認するとともに、その改良計算法について検討した。またランキンパネル法を用いた時間領域での弱非線形計算法については、波振幅を変化させた水槽実験を行うとともに、船体運動、抵抗増加に対する非線形影響について考察した。

平成 28 年度は、時間領域グリーン関数法に高次境界要素法を適用する計算手法における数値不安定性の問題点を解決するための研究を昨年度に引き続いて行ったが、十分な研究時間を確保できなかつたこともあり、特筆できる成果は得られなかった。

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 26 件)

- 1) Masashi Kashiwagi and Xin Wang: A New Slender-Ship Theory Valid for All Oscillatory Frequencies and Forward Speeds, Proc. of 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE-2013 (Nantes, France), 査読有, (2013), Paper Number: OMAE2013-11564, pp.1 ~ 8

- 2) Guanghai He and Masashi Kashiwagi: Higher-Order BEM for Radiation Forces of a Modified Wigley Hull with Forward Speed, Proc. of 23rd International Offshore and Polar Engineering Conference (Anchorage, USA), 査読有, Vol.3, (2013), pp.792 ~ 798
- 3) Muhdar Tasrief and Masashi Kashiwagi: Improvement of Ship Geometry by Optimizing the Sectional Area Curve with Binary-Coded Genetic Algorithms (BCGAs), Proc. of 23rd International Offshore and Polar Engineering Conference (Anchorage, USA), 査読有, Vol.4, (2013), pp.869 ~ 875
- 4) Masashi Kashiwagi and Kenta Yamamoto: Ship-generated Unsteady Waves and Its Importance in Predicting Added Resistance, Proc. of 8th International Workshop on Ship Hydrodynamics (Seoul, Korea), 査読無, (2013), IWSH2013-O3-1.pdf
- 5) Muhdar Tasrief and Masashi Kashiwagi: Optimization of Sectional Area Curve of a Ship, Proc. of 8th International Workshop on Ship Hydrodynamics (Seoul, Korea), 査読無, (2013), IWSH2013-P7A-2.pdf
- 6) Masashi Kashiwagi: Hydrodynamic Study on Added Resistance Using Unsteady Wave Analysis, Journal of Ship Research, 査読有, Vol. 57, No.4, (2013), December 2013, pp.220-240
- 7) Guanghai He and Masashi Kashiwagi: Time -Domain Analysis of Steady Ship-Wave Problem Using Higher-Order BEM, International Journal of Offshore and Polar Engineering, 査読有, Vol.24, No.1, (2014), pp.1 ~ 10
- 8) Guanghai He and Masashi Kashiwagi: Numerical Simulation of Fluid-Structure Interaction by an Adaptive Cartesian-Grid CIP Method, Proc. of 29th International Workshop on Water Waves and Floating Bodies (Osaka, Japan), 査読有, (2014), pp.73 ~ 76
- 9) Kenji Sasa and Masashi Kashiwagi: Improvement of Rankine Panel Method by Theoretical Consideration of Panel Forces on Ship Hull, Proc. of 29th International Workshop on Water Waves and Floating Bodies (Osaka, Japan), 査読有, (2014), pp.177 ~ 180
- 10) Faisal Mahmuddin and Masashi Kashiwagi: Performance Evaluation of an Optimized Floating Breakwater in Oblique Waves with a Higher-Order Boundary Element Method, Makara Journal of Technology, 査読有, Vol.18, No.1, (2014), pp.41 ~ 50
- 11) Guanghai He and Masashi Kashiwagi: Radiation-problem Solutions Using a Time-domain Iterative HOBEM, International Journal of Offshore and Polar Engineering, 査読有, Vol.24, No.2, (2014), pp.81 ~ 89
- 12) Muhdar Tasrief and Masashi Kashiwagi: Improvement of Ship Performance Based on Sensitivity Study to the Added Resistance, Proc. of 24th International Offshore and Polar Engineering Conference (Busan, Korea), 査読有, Vol.3, (2014), pp.978 ~ 985
- 13) Guanghai He and Masashi Kashiwagi: A Time-Domain Higher-Order Boundary Element Method for 3D Forward-Speed Radiation and Diffraction Problems, Journal of Marine Science and Technology, 査読有, Vol.19, No.2, (2014), pp.228 ~ 244
- 14) Muhdar Tasrief and Masashi Kashiwagi: Development of Practical Integrated Optimization Method for Ship Geometry with High Performance in Waves, 日本船舶海洋工学学会論文集, 査読有, Vol.19, (2014), pp.89 ~ 100
- 15) Muhdar Tasrief and Masashi Kashiwagi: Design of a Ship with High Performance in Waves with Optimized Form Parameters, Proc. of the 12th International Marine Design Conference (IMDC), Tokyo, Japan, 査読無, Vol.2, (2015), pp.547 ~ 554
- 16) Masashi Kashiwagi, Shintaro Kuga and Susumu Chimoto: Time- and Frequency-Domain Calculation Methods for Ship Hydroelasticity with Forward Speed, Proc. of Hydroelasticity in Marine Technology 2015 (Split, Croatia), 査読有, (2015), pp.477 ~ 492
- 17) Junki Yoshida, Xin Wang, Mari Ohtaki and Masashi Kashiwagi: Nonlinear Effects on Ship Motions and Added Resistance in Large-amplitude Waves, Proc. of 3rd International Conference on Violent Flows (VF-2016, Osaka, Japan), 査読無, (2016), CD-ROM
- 18) Jie Zhang and Masashi Kashiwagi: An Explicit Time-stepping Scheme for Nonlinear Water Waves Computation, Proc. of 3rd International Conference on Violent Flows (VF-2016, Osaka, Japan), 査読無, (2016), CD-ROM
- 19) Eiji Yasuda, Hidetsugu Iwashita and Masashi Kashiwagi: Improvement of Rankine Panel Method for Seakeeping Prediction of a Ship in Low Frequency Region, Proc. of 35th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE-2016 (Busan, Korea), 査読有, (2016), Paper Number: OMAE2016-54163
- 20) Xin Wang and Masashi Kashiwagi: A Practical Method for Ship Motions Prediction in Large Waves, Proc. of 13th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures - PRADS'

- 2016 (Copenhagen, Denmark), 査読有, (2016), ID-110
- 21) Yuta Seki, Masashi Kashiwagi and Hidetsugu Iwashita: Experimental Study on Added Resistance and Unsteady Pressure Distribution in Following Waves, Proc. of 13th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures - PRADS' 2016 (Copenhagen, Denmark), 査読有, (2016), ID-147
 - 22) Yuichi Ashida, Takeshi Hara, Takuya Taniguchi and Masashi Kashiwagi: Time-Domain Computation Methods for a Floating Platform of Complicated Geometry with Multiple wave interactions, Proc. of 12th International Conference on Hydrodynamics (ICHHD) (Egmond aan Zee, Netherlands), 査読有, (2016), Tracking Number-42
 - 23) Masashi Kashiwagi and Jing Zhu: A Practical Calculation Method for Forward-Speed Effect on Cross-Coupling Radiation Forces in Enhanced Unified Theory, Proc. of 12th International Conference on Hydrodynamics (ICHHD) (Egmond aan Zee, Netherlands), 査読有, (2016), Tracking Number-47
 - 24) 岩下英嗣, 柏木 正, 伊藤悠真, 関 裕太: 周波数領域ランキンパネル法による低速 / 低周波数域での耐航性能計算, 日本船舶海洋工学会論文集, 査読有, Vol.24, (2016), pp.129 ~ 146
 - 25) Masashi Kashiwagi: Enhanced Unified Theory with Forward-speed Effect in the Inner Free-surface Condition, Proc. of 32nd International Workshop on Water Waves and Floating Bodies (Dalian, China), 査読有, (2017), accepted
 - 26) Jie Zhang and Masashi Kashiwagi: Application of ALE to Nonlinear Wave Diffraction by a Non-wall-sided Structure, Proc. of 27th International Offshore and Polar Engineering Conference (San Francisco, USA), 査読有, (2017), accepted
- [学会発表](計 21 件)
- 1) Guanghua He and Masashi Kashiwagi: On the Added-mass and Damping of a Modified Wigley Hull with Forward Speed, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2013 年 5 月 27 日 (広島)
 - 2) Xin Wang and Masashi Kashiwagi: A New Slender-Ship Theory for Oscillating Ships with Forward Speed and Its Numerical Solutions, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2013 年 5 月 28 日 (広島)
 - 3) Masashi Kashiwagi and Xin Wang: A New Slender-Ship Theory Valid for All Oscillatory Frequencies and Forward Speeds, The 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE-2013, 2013 年 6 月 11 日 (Nantes, France)
 - 4) Guanghua He and Masashi Kashiwagi: Higher-Order BEM for Radiation Forces of a Modified Wigley Hull with Forward Speed, The 23rd International Offshore and Polar Engineering Conference, 2013 年 7 月 2 日 (Anchorage, USA)
 - 5) Muhdar Tasrief and Masashi Kashiwagi: Improvement of Ship Geometry by Optimizing the Sectional Area Curve with Binary-Coded Genetic Algorithms (BCGAs), The 23rd International Offshore and Polar Engineering Conference, 2013 年 7 月 2 日 (Anchorage, USA)
 - 6) Masashi Kashiwagi and Kenta Yamamoto: Ship-generated Unsteady Waves and Its Importance in Predicting Added Resistance, The 8th International Workshop on Ship Hydrodynamics, 2013 年 9 月 25 日 (Seoul, Korea)
 - 7) Guanghua He and Masashi Kashiwagi: Wave Exciting Forces Acting on a Modified Wigley Hull with Forward Speed, 日本船舶海洋工学会秋季講演会, 2013 年 11 月 21 日 (大阪)
 - 8) Kenji Sasa and Masashi Kashiwagi: Improvement of Rankine Panel Method by Theoretical Consideration of Panel Forces on Ship Hull, The 29th International Workshop on Water Waves and Floating Bodies, 2014 年 3 月 31 日 (Osaka, Japan)
 - 9) Muhdar Tasrief and Masashi Kashiwagi: Improvement of Ship Performance Based on Sensitivity Study to the Added Resistance, The 24th International Offshore and Polar Engineering Conference, 2014 年 6 月 18 日 (Busan, Korea)
 - 10) Muhdar Tasrief and Masashi Kashiwagi: Design of a Ship with High Performance in Waves with Optimized Form Parameters, The 12th International Marine Design Conference (IMDC), 2015 年 5 月 13 日 (東京)
 - 11) 安田栄史, 関 裕太, 柏木 正: 浅喫水状態における波浪中抵抗増加に関する研究, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2015 年 5 月 25 日 (神戸)
 - 12) Masashi Kashiwagi, Shintaro Kuga and Susumu Chimoto: Time- and Frequency-Domain Calculation Methods for Ship Hydroelasticity with Forward Speed, The 7th International Conference on Hydroelasticity in Marine Technology 2015 年 9 月 18 日 (Split, Croatia)
 - 13) Junki Yoshida, Xin Wang, Mari Ohtaki and Masashi Kashiwagi: Nonlinear Effects on Ship Motions and Added Resistance in

- Large-amplitude Waves, The 3rd International Conference on Violent Flows (VF-2016), 2016年3月10日(大阪)
- 14) 岩下英嗣, 柏木 正, 伊藤悠真, 関 裕太, 吉田隼基, 若原正人: 波浪中を航走する船の非定常圧力分布計測, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2016年5月26日(神戸)
 - 15) 谷口拓也, 原 健, 芦田由一, 柏木 正: 高次境界要素を用いた時間領域グリーン関数法による問題点とその考察, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2016年5月26日(神戸)
 - 16) Eiji Yasuda, Hidetsugu Iwashita and Masashi Kashiwagi: Improvement of Rankine Panel Method for Seakeeping Prediction of a Ship in Low Frequency Region, The 35th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE-2016, 2016年6月20日(Busan, Korea)
 - 17) Xin Wang and Masashi Kashiwagi: A Practical Method for Ship Motions Prediction in Large Waves, The 13th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures, 2016年9月7日(Copenhagen, Denmark)
 - 18) Yuta Seki, Masashi Kashiwagi and Hidetsugu Iwashita: Experimental Study on Added Resistance and Unsteady Pressure Distribution in Following Waves, The 13th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures, 2016年9月7日(Copenhagen, Denmark)
 - 19) Masashi Kashiwagi and Jing Zhu: A Practical Calculation Method for Forward-Speed Effect on Cross-Coupling Radiation Forces in Enhanced Unified Theory, The 12th International Conference on Hydrodynamics (ICHHD), 2017年9月20日(Egmond aan Zee, Netherlands)
 - 20) 柏木 正, 岩下英嗣, 関 裕太, 吉田隼基, 伊藤悠真, 片野 彬, 大西宏尚: FBGセンサーによる船体表面での波浪変動圧分布の計測, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2017年5月24日(東京)
 - 21) 吉田隼基, Xin Wang, 柏木 正, 田口正和: 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, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2017年5月24日(東京)

{図書}(計0件)

{その他}

ホームページ等

<http://www.naoe.eng.osaka-u.ac.jp/kashi/kashi.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柏木 正 (KASHIWAGI MASASHI)
大阪大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 00161026

(2) 研究分担者

岩下英嗣 (IWASHITA HIDETSUGU)
広島大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号: 60223393

(3) 連携研究者

胡 長洪 (HU CHANGHONG)
九州大学・応用力学研究所・准教授
研究者番号: 20274532

何 広華 (HE GUANGHUA)
大阪大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号: 50625382

笹 健児 (SASA KENJI)
神戸大学・大学院海事科学研究科・准教授
研究者番号: 10360330

(4) 研究協力者

久峨慎太郎 (KUGA SHINTARO)
大阪大学・大学院工学研究科・大学院学生
2013年度~2014年度まで

安田 栄史 (YASUDA EIJI)
大阪大学・大学院工学研究科・大学院学生
2013年度~2015年度まで

芦田 由一 (ASHIDA YUICHI)
大阪大学・大学院工学研究科・大学院学生
2013年度~2015年度まで

関 裕太 (SEKI YUTA)
大阪大学・大学院工学研究科・大学院学生
2014年度~2016年度まで

吉田 隼基 (YOSHIDA JUNKI)
大阪大学・大学院工学研究科・大学院学生
2014年度~2016年度まで

大滝 真璃 (OHTAKI MARI)
大阪大学・大学院工学研究科・大学院学生
2015年度~2016年度まで

谷口 拓也 (TANIGUCHI TAKUYA)
大阪大学・大学院工学研究科・大学院学生
2015年度~2016年度まで

原 健 (HARA TAKESHI)
大阪大学・大学院工学研究科・大学院学生
2015年度~2016年度まで