

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2017

課題番号：25420860

研究課題名(和文) 浮体式洋上風力発電装置に加わる波浪荷重の数値計算手法と設計指針の確立に関する研究

研究課題名(英文) Numerical simulation of the load acting on a floating wind turbine and establishment of a design guide

研究代表者

柴田 和也 (Shibata, Kazuya)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授

研究者番号：30462873

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：浮体式洋上発電装置に加わる波浪荷重を粒子法により数値解析する際の計算時間とデータ容量を削減するために、研究代表者が開発した可変空間解像度の手法である重合粒子と楕円粒子という方法を改良した。重合粒子に高精度な内挿補間を適用する改良を行った。また楕円粒子の計算に必要なラプラシアンモデルを開発した。粒子法を用いて数値解析する際に圧力の振動が問題となる。本研究では圧力計算に補正項を加えることで粒子法の圧力振動を抑制する方法を開発した。開発した手法を用いて、波浪荷重を数値解析しその計算精度を検証した。これらの研究成果を投稿論文と国際会議で発表した。

研究成果の概要(英文)：In order to reduce the simulation time and data of the numerical analysis of wave load acting on a wind turbine, the overlapping particle technique and the ellipsoidal particle model, which are multi-spatial resolution techniques developed by the research representative et al., were improved. A highly accurate interpolation technique was applied to the overlapping technique. An extended Laplacian model was developed for the ellipsoidal particle model. An improve pressure calculation method was also developed for a particle method to reduce the pressure oscillation in particle simulations.

The developed methods were verified or validated. We presented these results at international conferences or by papers.

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：波浪荷重 数値流体力学 粒子法 自由表面流れ 計算コスト削減 圧力振動

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日の東日本大震災を契機に、洋上風力発電装置が注目されている。風力発電は再生可能エネルギーであり、また洋上は陸上に比べて安定的に強い風を得ることができる。また周りを海で囲まれている日本の環境も活かすことができるというメリットがある。ヨーロッパにおいても研究開発が進んでおりスウェーデンでも多くの洋上風力発電装置が建設されている。日本の近海は水深が深い海域が多く、ヨーロッパのように着床式ではなく浮体式の洋上風力発電装置の開発が必要である。日本において近年様々なタイプの浮体式洋上風力発電装置が考案されているが、台風が多く通過する日本の場合、波浪や強風により洋上風力発電装置に大きな荷重が加わることが予想される。このような背景を受け、波浪による洋上風力発電装置に加わる荷重の予測技術の確立と、波浪に対する安全設計の指針の確立が必要とされている。

2. 研究の目的

浮体式洋上風力発電装置が波浪により受ける荷重を汎用的にかつ高精度に求めることができる数値計算手法を確立するとともに、浮体式洋上風力発電装置の安全設計の指針を得ることを本研究は目的とする。本研究は台風などの波浪時に洋上風力発電装置に働く荷重を数値計算により予測可能にし、また開発した手法を活用して最大荷重の推定式を求めるとともに、最大荷重が生じるメカニズムを明らかにするものであり日本の電力の安定供給・コスト低減・海洋開発に貢献することができる。

3. 研究の方法

研究代表者がこれまでの研究で開発した粒子法による波浪場の流れの計算手法、および船体運動モデルを浮体式洋上発電装置に応用し、洋上風力発電装置が波浪により受ける荷重を汎用的にかつ高精度に求めることができる数値計算手法を開発する。具体的には、浮体近傍の流れ場を高解像度でかつ低コスト計算することができる計算手法を粒子法を基に開発する。次に開発した手法を用いて、波浪場中の浮体運動および浮体周りの流体挙動を計算し、計算手法を実証する。

4. 研究成果

浮体式洋上発電装置に加わる波浪荷重を粒子法により数値解析する際の計算時間とデータ容量を削減するために、研究代表者が開発した可変空間解像度の手法である重合粒子と楕円粒子という方法を改良した。重合粒子に高精度な内挿補間を適用する改良を行った。また楕円粒子の計算に必要なラプラスアンモデルを開発した。

粒子法を用いて数値解析する際に圧力の振動が問題となる。本研究では圧力計算に補正項を加えることで粒子法の圧力振動を抑制する方法を開発した。開発した手法を用いて、波浪荷重を数値解析しその計算精度を

証した。これらの研究成果を投稿論文と国際会議で発表した。

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 8件)

K. Shibata, S. Koshizuka, T. Matsunaga, I. Masaie, The overlapping particle technique for multi-resolution simulation of particle methods, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.cma.2017.06.030>

松永 拓也, 柴田 和也, 室谷 浩平, 越塚 誠一 (2016) ミラー粒子境界表現を用いた MPS 法による流体シミュレーション. 日本計算工学会論文集 2016:20160002-20160002 [doi:10.11421/jscses.2016.20160002](https://doi.org/10.11421/jscses.2016.20160002)

Zhang T, Koshizuka S, Murotani K, Shibata K, Ishii E, Ishikawa M (2016) Improvement of boundary conditions for non-planar boundaries represented by polygons with an initial particle arrangement technique. International Journal of Computational Fluid Dynamics 30 (2):155-175. [doi:10.1080/10618562.2016.1167194](https://doi.org/10.1080/10618562.2016.1167194)

Shibata K, Koshizuka S, Masaie I (2016), Cost reduction of particle simulations by an ellipsoidal particle model. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 307:411-450. [doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.cma.2016.04.026](https://doi.org/10.1016/j.cma.2016.04.026)

Song X, Shibata K, Nihei Y, Koshizuka S (2015) Numerical analysis of the wave force acting on a cylinder in regular waves using the MPS method. Computational Particle Mechanics 3 (1):83-93. [doi:10.1007/s40571-015-0096-x](https://doi.org/10.1007/s40571-015-0096-x)

Kazuya Shibata, Seiichi Koshizuka, Kohei Murotani, Mikio Sakai, Issei Masaie, Boundary Conditions for Simulating Karman Vortices Using the MPS Method, Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering, Vol. 2, No. 2 p. 235-254(2015) <http://doi.org/10.15748/jasse.2.235>

Kazuya Shibata, Issei Masaie, Masahiro Kondo, Kohei Murotani, Seiichi Koshizuka, Improved pressure calculation

for the moving particle semi-implicit method, Computational Particle Mechanics, Vol. 2, Issue 1, pp 91-108 (2015)

DOI 10.1007/s40571-015-0039-6

Kazuya Shibata, Seiichi Koshizuka, Mikio Sakai, Katsuji Tanizawa and Susumu Ota, Numerical analysis of acceleration of a free-fall lifeboat using the MPS method, International Journal of Offshore and Polar Engineering, Vol. 23, No. 4, December 2013, pp. 279-285
<http://www.isopec.org/publications/journals/ijope-23-4/abst-23-4-p279-jc567-Shibata.pdf>

[学会発表](計18件)

Daisuke Yamada, Seiichi Koshizuka, Kazuya Shibata, Verification of tsunami simulation by using elliptical particles of the MPS method, The 12th ISOPE Ocean Mining & Gas Hydrates Symposium, June 10-15, 2018

山田大輔、柴田和也、越塚誠一、粒子法の津波数値計算における楕円粒子の適用、第31回数値流体力学シンポジウム、2017年12月12日(火)~14日(木) 京都府(京都工芸繊維大学 松ヶ崎キャンパス)

柴田和也、山西雄士、越塚誠一、政家一誠、MPS法の表面張力モデルに関する曲率計算とポテンシャル力の改良、計算工学講演会論文集、Vol.21, A-3-4, 2016, 第21回計算工学講演会、朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター(新潟県新潟市)、2016年5月31日(火)~6月2日(木)

矢島 周、越塚誠一、柴田和也、玉井佑、Least Squares Moving Particle Semi-implicit 法による気液二相流解析手法の開発、第30回数値流体力学シンポジウム、2016年12月12日~14日(水) 東京都江戸川区船堀、タワーホール船堀、講演番号 A01-3

柴田和也、越塚誠一、政家一誠、粒子法の計算効率の向上のための重合粒子の質量保存に関する改良、第30回数値流体力学シンポジウム、2016年12月12日~14日(水) 東京都江戸川区船堀、タワーホール船堀、講演番号 A01-2

Takuya Matsunaga, Kazuya Shibata, Kohei Murotani, Seiichi Koshizuka, Mirror Particle Boundary Representation for MPS Simulation, WCCM XII & APCOM VI (The 12th World congress on computational mechanics, The 6th Asia-Pacific Congress on

Computational Mechanics,) 24-29 July 2016, Seoul, Korea

Kazuya Shibata, Seiichi Koshizuka, Issei Masaie, Reduction of simulation cost and expression of arbitrary smooth wall boundaries for the MPS method, WCCM XII & APCOM VI (The 12th World congress on computational mechanics, The 6th Asia-Pacific Congress on Computational Mechanics,) 24-29 July 2016, Seoul, Korea
Kazuya Shibata, Seiichi Koshizuka and Issei Masaie, Techniques for reducing simulation cost of a particle method and arranging particles in arbitrary shapes, Proceedings of 3rd International Conference on Violent Flows (VF-2016) 9-11, March 2016, I-site Namba, Osaka Prefecture University, Osaka, Japan

Xuemin Song, Kazuya Shibata, Seiichi Koshizuka, Yasunori Nihei, MPS Simulation of Wave Forces Acting on a Cylinder, Proceedings of the Twenty-fifth (2015) International Ocean and Polar Engineering Conference, Kona, Big Island, Hawaii, USA, June 21-26, 2015

柴田和也、越塚誠一、政家一誠、粒子法のための圧力固定の流入流出境界条件の開発、日本機械学会 第28回計算力学講演会 CMD2015, No. 15-19, 講演番号 066, 横浜国立大学, 神奈川県, 2015年10月10~12日

柴田和也、政家一誠、越塚誠一、任意形状に粒子を配置させる手法を活用した粒子法による流体の数値解析、日本船舶海洋工学会講演会論文集 第21号, pp.109-111 (論文番号 2015A-OS3-6), 東京大学生産技術研究所(東京都目黒区), 2015年11月16日(月)~17日(火)

柴田和也、政家一誠、室谷浩平、越塚誠一、"粒子法の流体解析における圧力振動の抑制と壁粒子数の削減に関する研究" 第63回理論応用力学講演会、論文番号 OS02-01, 東京(東京工業大学大岡山キャンパス), 平成26年9月26日(金)~28日(日)

Kohei Murotani, Seiichi Koshizuka, Hiroshi Kanayama, Kazuya Shibata, Tasuku Tamai, Naoto Mitsume, Shinobu Yoshimura, Satoshi Tanaka, Kyoko Hasegawa, Toshimitsu Fujisawa, Japan Large-Scale Run-Up Tsunami Analysis with Many Floating Objects on Urban Area by Three Analyses Stages Using Hierarchical Domain Decomposition in Explicit MPS Method,

Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems, 13-16 April 2014 / Sendai International Center, Sendai, Japan pp. 14

Kazuya Shibata, Seiichi Koshizuka, Kohei Murotani, Issei Masaie, Tsunami Simulation by the MPS Method with the Overlapping Particle Technique, Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems, 13-16 April 2014 / Sendai International Center, Sendai, Japan pp. 180

柴田和也, 越塚誠一, 室園浩司, "重合粒子による粒子法の計算コスト削減手法の改良", 計算工学講演会論文集 Vol.18, 2013年6月, E-11-2, 東京(東京大学生産技術研究所), 2013年6月19-21日(第18回計算工学講演会)

Xuemin Song, Kazuya Shibata, Seiichi Koshizuka, Yasunori Nihei, "Numerical analysis of offshore wind turbine in waves using the MPS method", Conference proceedings, the Japan society of naval architects and ocean engineers, November 21-22, 2013, Osaka, Volume 17, 2013A-GS15-3, pp.237-240 (2013)

柴田和也, 政家 一誠, 越塚 誠一, 室谷浩平, 宋学敏, 玉井 佑, 谷澤 克治, "楕円粒子と双方向の重合粒子を用いた粒子法による海水打ち込みの数値解析", 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第17号, 論文番号 2013A-GS2-1, pp.53-56 (2013) (平成25年度 日本船舶海洋工学会 秋季講演会, 大阪, 平成25年11月21-22日)

Kazuya Shibata, Seiichi Koshizuka and Koji Murozono, Application of the MPS method and the overlapping particle technique to naval architecture and ocean engineering, III International Conference on Particle-based Methods - Fundamentals

and Applications PARTICLES 2013, 18-20 September, 2013, Stuttgart, Germany

〔図書〕(計 1件)
越塚誠一、柴田和也、室谷浩平、粒子法入門、丸善出版、2014年6月25日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柴田 和也 (SHIBATA, Kazuya)
東京大学・大学院工学系研究科・准教授
研究者番号: 30462873